

V
الحمد لله

رقم ٧
الكتاب طبعه في سنة ١٢٨٥

فهرست

المجلد الرابع

من

كتاب الطبيعة المشتغل على الصوت والضوء

الكلام على الصوت

- ٢ السبب الأول - في تولد الصوت وانت
- ٣ الفصل الأول - في تولد الصوت
- ٤ بيان أن الصوت ناتج عن حركة اهتزازية
- ٥ الفرق بين الشدة والارتفاع والنقطة
- ٥ الفصل الثاني - في انتشار الصوت
- ٥ في كيفية انتشار الصوت في الهواء والأمواج الصوتية
- ٦ بيان أن الصوت لا ينتشر في الفراغ
- ٦ في انتشار الصوت في الأجسام السائلة والصلبة
- ٧ الفصل الثالث - في سرعة انتشار الصوت
- ٧ سرعة انتشار الصوت في الهواء
- ٨ سرعة الصوت في الأجسام السائلة والصلبة
- ٨ انعكاس الصوت والصدى
- ٩ السبب الثاني - في ارتفاع الصوت ونظريته الموسيقية
- ٩ الفصل الأول - في الأجهزة المتعلقة بعدة الاهتزازات الصوتية
- ٩ الدور بين النجمة بين الماء
- ١٢ تعيين النسبة الكائنية بين عدد ذبذبات صوتيين
- ١٣ الفوفوجراف
- ١٤ الفصل الثاني - في المسافات الموسيقية والسلم الموسيقي
- ١٤ المسافات الموسيقية
- ١٥ السلم الموسيقي
- ١٧ الفصل الثالث - في السلميات العربية
- ١٧ سلم الزمرد

تابع (فهرست الجزء الرابع من كتاب الطبيعة المشتمل على الصوت والضوء)

صحيفة

١٩ الباب الثالث - في اهتزاز الاوتار

١٩ في الاهتزازات العرضية

٢١ في عقد الاهتزازات وبطونها

٢٢ في الاهتزازات الطولية

الكلام على الضوء

٢٣ الباب الاول - في انتشار الضوء

٢٣ تقسيم الاجسام الى مضيئة وغير مضيئة

٢٣ نظريتا الانتشار والتموج

٢٤ انتشار الضوء على خط مستقيم والاشعة الضوئية

٢٤ الظل

٢٤ الغبس

٢٥ تكوين الصور داخل الادوة المعقدة

٢٦ في سرعة انتشار الضوء

٢٧ الباب الثاني - في مقارنة الشدة النسبية للضوءين

٢٧ في مقارنة شدة استضاءة جسم بنموج ضوئي موضوع على أبعاد مختلفة منه

٢٧ في تعريف شدة الضوء

٢٧ في مقارنة شدة الانبعاث الضوئية

٢٨ فوتومتر ومقوّر

٢٩ الباب الثالث - في انعكاس الضوء

٢٩ الفصل الاول - في الانعكاس على الاسطح المستوية

٢٩ في الانعكاس المنتظم

٣٠ المرايات المستوية

٣٠ تكوين صورة نقطة في المرايات المستوية

تابع (فهرست الجزء الرابع من كتاب الطبيعة المشتمل على الصوت والضوء)

صحيحة

- ٣١ تكوين صور الاجسام المضيئة في المرايات المستوية
- ٣٢ انعكاس الاشعة الضوئية على اسطح الاجسام الشفافة
- ٣٢ في الانعكاس الغير منتظم
- ٣٣ تكوين الصور في مرآتين مستويتين ومتوازيتين
- ٣٣ المرايات الزاوية
- ٣٤ الفصل الثاني - في المرايات المنحنية
- ٣٤ في الانعكاس على الاسطح المنحنية
- ٣٤ في المرايات الكروية
- ٣٥ في المرايات المقعرة
- ٣٥ في البؤرة الاصلية
- ٣٦ في صورة نقطة موجودة على المحور الاصلی
- ٣٨ في البؤرة المرتبطة لنقطة موجودة خارج المحور الاصلی
- ٣٩ تكوين صور المرئيات في المرايات المقعرة
- ٤٣ في تعيين البعد البؤري لمرآة مقعرة
- ٤٣ في المرايات المحدبة
- ٤٤ تكوين صور المرئيات في المرايات المحدبة
- ٤٤ الباب الرابع - في انكسار الضوء
- ٤٤ الفصل الاول - في مرور الاشعة من وسط الى آخر مفصول عنه بسطح مستوی
- ٤٤ في اثبات حصول الانكسار
- ٤٥ في زاوية الحد والانعكاس الكلي
- ٤٦ في ذكر تجربة بسيطة مؤسسه على الانعكاس الكلي
- ٤٧ في نتائج الانكسار
- ٤٨ المنشور
- ٤٨ تأثير المنشور على الاشعة التي تنفذ منه
- ٤٩ زاوية الروغان وتعيين مقدارها

تابع (فهرست الجزء الرابع من كتاب الطبيعة المشتمل على الصوت والضوء)

صحيفة

٤٩ مرور الاشعة الضوئية من جسم شفاف محدود بوجهين مستويين ومتوازيين

٥٠ الفصل الثاني - في العدسات

٥٠ تعريقات

٥٠ تعريف المحور الاصلى

٥١ في العدسات اللامة وبورتها الاصلية

٥٢ في البورات المرتبطة للنقط المختلفة من مرعى

٥٢ في المركز البصرى والمحور الثانوى

٥٣ في وضع وعظم الصور المكونة بالعدسات اللامة

٥٥ في تعيين البعد البورى لعدسة لامة

٥٦ في العدسات المفرقة

٥٦ في تكوين صور المرئيات في العدسات المفرقة

٥٧ الباب الخامس - في المخلال الضوء

٥٧ الفصل الاول - في تحليل الضوء وتركيبه

٥٧ في تحليل ضوء الشمس والطيف الشمسى

٥٨ في عود تركيب الضوء

٥٩ في قرص نيوتون

٥٩ في الالوان المتجهة لبعضها

٦٠ في الالوان الاجسام

٦٠ الفصل الثانى - في الكلام على الطيف

٦٠ في خطوط الطيف

٦١ في طيف البنابيع الصناعية

٦١ في طيف الشمس

٦٢ في الخواص الحرارية والخواص الكيماوية للطيف

٦٣ الباب السادس - في الابصار والالات الابصارية

٦٣ الفصل الاول - في الابصار

تابع (فهرست الجزء الرابع من كتاب الطبيعة المشتغل على الصوت والضوء)

صحيفة

- ٦٣ في وصف العين
٦٣ في تركيب العين
٦٥ في النهاية الصغرى للإبصار
٦٥ في الأنواع المختلفة للنظر
٦٦ الفصل الثاني - في الآلات الإبصارية
٦٦ في أنواع الآلات الإبصارية
٦٧ في الخزانة المظلمة
٦٧ في الفانوس السحري
٦٨ في الميكروسكوب الشمسي
٦٩ في المنظار العيني
٧٠ في الميكروسكوب المركب
٧٠ في بيان الأجزاء الإضافية الداخلة في الميكروسكوب المركب
٧١ في النظارة الفلكية
٧٢ في حامل الشعرة والمحور البصري
٧٣ في النظارة الأرضية
٧٣ في نظارة غاليليل
٧٤ في تليسكوب نيوتون
٧٥ في الفئارات والعدسات التدريجية
٧٦ الباب السابع - في الفتوغرافيا
٧٨ في كيفية عمل الألواح المعدة لاختزال الصور السالبة
٧٨ في كيفية عمل الورق المعدل لاختزال الصورة الموجبة

(تمت القهرست)

الجزء الرابع

من

كتاب الطبيعة وهو مشتمل على الصوت والضوء

تأليف

حضرة اسماعيل افندي حسنين

مدرس الكيمياء والطبيعة بمدرسة المهندسخانة الخديوية

قررت نظارة المعارف العمومية لزوم طبع هذا الجزء وتدريبه بالمدارس الاميرية
بعد أن تصدق عليه من اللجنة المشكلة في النظارة بتاريخ ٢٢ نوفمبر سنة ١٧٢٠

(حقوق الطبع محفوظة للنظارة)

(الطبعة الثانية)

بالمطبعة الكبرى الاميرية بيولاك مصر المحمية

سنة ١٨٩٦

افرنجيه



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الكلام على الصوت

الباب الاول

(في تولد الصوت وانتشاره)

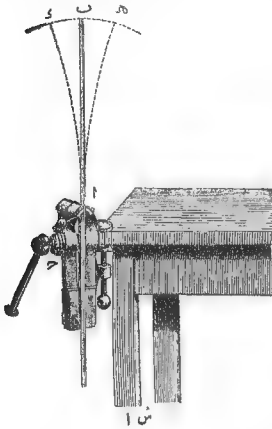
الفصل الاول

(في تولد الصوت)

(في بيان أن الصوت ناتج عن حركة اهتزازية)

ان كل صوت يكون على الدوام ناتجا عن حركة اهتزازية حاصلة في جسم مادي فمثلا اذا طرق بجسم صلب على كوبة من البورسل اجل حدوث صوت ومست حافة هذه الكوبة بالاصبع مسا خفيفا حصل فيه رجات سريعة جدا تدل على اهتزاز الكوبة واذا ضغط بالاصبع على الحافة الملووسة لا يقاى حركتها الاهتزازية شوهد انقطاع الصوت في الحال كذا اذا عاقت كرة صغيرة من العاج ملامسة لجد نفاقوس من الزجاج ثم أحدث في النفاقوس صوت شوهد أن الكرة تفعل به حركات ذهاب واياب سريعة بدلا على حركة اهتزاز النفاقوس

ولبيان طبيعة الحركات الاهتزازية التي تحصل في الاجسام الرنانة عند ما تولد صوتا ثابت
صفیحة من الصلب اب في منجلة > (شكل ١) ثم تبعد عن وضعها الذي تكون فيه



في حالة موازنة بأن تجعل في الموضع اء
مثلا وترك في شاهد عند ذلك أنها تعود
الى وضعها الاصلى الا أنها لا تثبت
فيه بل تتعدها الى أن تصير في وضع اء
مماثل للوضع اء ثم تعود بالنسبة الى
اء وهكذا وكل حركة تامة من هذه
الحركات مكررة من ذهاب واياب يقال
لهذاذببة واذا اعيدت التجربة السابقة
بجولة مرات بعد تقصير الجزء المتذبذب
في كل منها شوهد أن سرعة التذبذب
ترداد بتقصير الجزء المتذبذب الى أن تصير
حركة الذهاب والاياب سريعة جدا حتى
انه لا يمكن مشاهدتها وعند ذلك يرى
أن الطرف الخالص من الصفیحة مفرطح

وذلك لكون العين تراه وهو شاغل أوضاعه المختلفة في آن واحد وأخيرا فعند ما تصير سرعة
التذبذب عظيمة يرى أن الصفیحة تولد صوتا مادام حاصلها في التذبذب

ويمكن بيان ذلك أيضا بواسطة وتر مشدود فإذا أبعد عن وضعه الذي يكون فيه في حالة موازنة
وترك شوهد فيه تفرطح خصوصا في جرته المتوسط وإذا كان مشدودا شدا قويا فيسمع منه
صوت عند ما يذبذب وذلك لان سرعة تذبذبه عند ذلك تكون عظيمة

(الفرق بين الشدة والارتفاع والنغمة)

اذا عدنا الى التجربة السابقة وأعطينا الى الصفیحة طولاً بحيث تولد صوتا عند ما تذبذب
وأبعدنا هاعن وضعها الاصلى قليلا أو كثيرا التذبذب شوهد أن الصوت الذي تولده يكون
أقوى أى أشد كلما كان اتساع الذبذبة المقابلة له أعظم ولو أن طبيعة الصوت المتولد تكون
واحدة ومن هنا يرى أنه يمكن أن يقال ان شدة الصوت تتغير بتغير اتساع الذبذبة المقابلة له

وزيادة على ذلك فقد ظهر لنا فيما سبق أنه بقصر الجزء المتذبذب تزداد سرعة التذبذب وتزداد أيضاً تبعاً لاجدة الصوت وبذلك يرى أنه يمكن أن يقال إن حدة الصوت أى ارتفاعه تزداد بزيادة عدد التذبذبات التى تحصل فى زمن واحد وأخيراً فتوجد أصوات شدة واحدة وارتفاعها واحد وتختلف عن بعضها بصفة ثالثة تسمى بالنغمة وهى التى تسمى لنا بتمييز أصوات أنواع الآلات الموسيقية عن بعضها كذا هى التى تسمى لنا بتمييز أصوات الأشخاص المختلفة والنغمة ناتجة من كون كل صوت تولده آلة مخصوصة يكون دائماً معجوباً بمجموعة أصوات أخرى خاصة بشك الآلة دون غيرها

(الغسط)

توجد أصوات لا تحدث على الأذن احساساً مقبولاً كالأصوات الموسيقية وذلك كصادمة مطرقة لسندان وحصول الرعد وغير ذلك وتسمى لغطا وهذه الأصوات ولأنهم لا تدوم إلا مدة يسيرة جداً فإن لكل منها شدة وارتفاعاً ونغمة خاصة به كباقي الأصوات

الفصل الثانى

(فى انتشار الصوت)

(فى كيفية انتشار الصوت فى الهواء والامواج الصوتية)

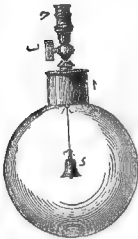
عند ما يولد جسم زئان صوتاً فى الهواء فإن الاهتزازات التى تحصل فيه عند ذلك تنتقل إلى الهواء الذى يحيط به وهو الذى يوصلها إلى آذاننا

ولبيان الصفة التى ينتقل بها الصوت فى الهواء يكفى ملاحظة ما يحصل على سطح ماء راكد عندما تمس نقطة من نقطه جله صمات متتالية بطرف عصاة فيشاهد عند ذلك تولد جلة أمواج صغيرة دائرية تبعد شيئاً فشيئاً عن النقطة التى تولد فيها وإذا تأمل للأجسام الحقيقية السابجة على سطح ذلك السائل يرى أنها ترتفع كلما تقابلها اموجة بدون أن تنتقل من مواضعها ومن ذلك ينتج أن الاضطراب الذى يحصل فى النقطة المسوسة بالعصاة يولد فى جميع نقط السائل على التعاقب بدون أن ينقله احرصكات صعود وهبوط مشابهة لتى تحصل فى تلك النقطة وبهذه الكيفية ينتشر أيضاً الصوت فى الهواء أى أن الجسم المتذبذب لا يولد حركة انتقالية فى الهواء بل يحدث فى نقطه على التعاقب حركات ذهاب واياب صغيرة مشابهة لتى تحصل

في الجسم الرنان والذي يولد مع الصوت هي الحركة الاهتزازية التي تحصل في الطبقة الهوائية الملازمة لغشاء الطبلة وقد سميت الاضطرابات التي تحصل في الهواء حول الجسم الرنان بالامواج الصوتية وذلك للاشتباه الموجود بينها وبين الامواج المائية

(في بيان أن الصوت لا ينتشر في الفراغ)

اذا تدببنا بجسم في الفراغ فان ذبذباته لاتصل الى آذاننا ويثبت ذلك بواسطة قبة من الزجاج ذات حنفية معلق فيها جرس بواسطة قفلة من الخرس أو من الصوف كما في (شكل ٢) فاذا فعل الفراغ في هذه القبة ورج جرسها فلا يسمع منه أدنى صوت أما اذا أدخل فيها قليل من الهواء ورج الجرس فيسمع صوت خفيف يزداد بازدياد كمية الهواء التي تدخل في القبة وذلك يثبت أن الصوت لا ينتشر في الهواء المتخلل كما ينتشر في الهواء الذي ضغطه يعادل الضغط الجوي ولذا أنه عندما يصل الأشخاص الذين يصعدون في القباب الطائرة الى ارتفاعات عظيمة يصير سماعهم لاصوات بعضهم بصعوبة جدا



ش ٢

(في انتشار الصوت في الاجسام السائلة والصلبة)

ان الاهتزازات الصوتية تنتقل في الاجسام السائلة كما تنتقل في الاجسام الغازية والدليل على ذلك أن الغطاسين يسمعون الغط الذي يحصل على شاطئ البحر وهم في قاعه أما الاجسام الصلبة فنقلها للصوت يزيد بكثير عن نقل الاجسام السائلة والغازية له فانه اذا وضع انسان أذنه على طرف كتلة من الخشب طولها يبلغ بعض أمتار وحك انسان آخر طرف الكتلة التاني بدبوس فان الشخص الاول يسمع الصوت الناتج من ذلك الاحتكاك وكذا اذا وضع الانسان أذنه على سطح الارض فانه يسمع سير العربات على مسافات بعيدة

تنبيهه - ان الاجسام اللينة كاللشاق والقطن المندوف لاتنقل الصوت نقلا تاما ولذا انها تستعمل أحيانا لمنع مرور الصوت فتحشي بها الابواب كي لا يسمع ما يقال في أود من أخرى مجاورة لها

الفصل الثالث (في سرعة انتشار الصوت)

(سرعة انتشار الصوت في الهواء)

إذا نظر انسان الى مدفع وقت طلقه وهو بعيد عنه فإنه يرى اللهب الذي يخرج منه قبل أن يسمع الفرقة فهذا يدل على أن انتشار الصوت ليس وقتي بل يستغرق زمناً لا تقاله من نقطة الى أخرى

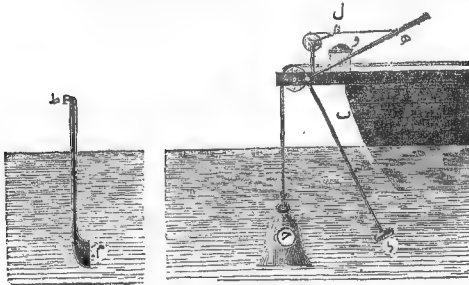
ومن جهة أخرى إذا لاحظ الانسان ألحان موسيقى تصدح على بعد فإنه يسمع تطابق ولو الى ألحانها كالألحان الجوارها فهذا يدل أيضاً على أن جميع الاصوات تسري في الهواء بسرعة واحدة مهما كان ارتفاعها وشدها وعلى ذلك يكفي لتعيين سرعة انتشار الاصوات تعيين سرعة انتشار أحدها

ثم انه إذا انتقل انسان في نقط مختلفة البعد عن مدفع وصار يعين في كل منها الزمن الذي يمضي من وقت رؤيته لهب المدفع الى سماع صوته فإنه يرى أن هذه الازمنة تكون مناسبة لابتعاد تلك النقط عن المدفع فهذا دليل أيضاً على أن سرعة انتشار الصوت منتظمة ولذا عرفت سرعة الصوت بالمسافة التي يقطعها في الثانية الواحدة

وأول تجربة فعلت لتعيين سرعة الصوت بضبط كاف كانت في فرنسا سنة ١٨٢٢ وقد فعلت هذه التجربة بالقرب من باريس بين فيلجوييف وموتيري فوضع مدفعان في البلدين المذكورين وطلق المدفع الذي في البلد الاول فحسب الذين في البلد الثانية الزمن الذي مضى من وقت رؤية لهب المدفع الى سماع صوته ثم طلق المدفع الذي في البلد الثانية خوفاً من أن يكون الاتجاه الهواء تأثير على انتشار الصوت وحسب الذين في البلد الاول الزمن الذي مضى من وقت رؤية اللهب الى سماع الصوت وقد عملت هذه التجربة بجدارة لزيادة الضبط وأخذ متوسط تلك الاعداد وحيث كان يمكن أن يعتبر أن الضوء يقطع المسافة الواقعة بين البلدين المذكورين في مدة غير محسوسة إذن يكون متوسط هذه الاعداد هو الزمن الذي يقطع فيه الصوت المسافة المذكورة وعلى ذلك فإذا قسم هذا المتوسط على مقدار هذه المسافة يكون خارج القسمة هو سرعة الصوت وقد عملت هذه القسمة فكان الخارج هو ٣٤٠ متر أعني أن الصوت يقطع في الهواء ٣٤٠ متر في الثانية الواحدة

(سرعة الصوت في الاجسام السائلة والصلبة)

قدعين (ستروم) و (كوللادوم) نسنة ١٨٢٧ سرعة الصوت في الماء وجعلها تجري بينهما في بحيرة خفيفة فخر في الماء ناقوسا ح معلقا في مركب ب (شكل ٣) وقرعا على الناقوس بمطرقة د يدها ه موجودة خارج الماء وحيث كانت تحدث حركة المطرقة وقت حصول القرعة التهاب كيم من البارود موضوعة في نقطة و بسطح المركب فكان يتيسر لاحد المجربين الموجودين بالساطي الاخر من البحيرة حساب الزمن الذي يمضي من وقت رؤيته التهاب البارود أى من وقت حصول القرعة الى وقت سماع الصوت المنتشر في الماء وكان يتوصل لسماع الصوت بوضع الاذن على فتحة ط من قرين سمعي فتمته الاخرى م مغمورة في الماء تحية الناقوس ومسدودة بغشاء رقيق يتقل الامواج الصوتية التي تحصل في الماء الى هواء القرين السمعي الذي ينقلها الى الاذن وقد وجد (ستروم) و (كوللادوم) بهذه الصيغة أن سرعة الصوت في الماء هي ١٤٣٥ مترا أى أنها أربعة أمثال سرعته في الهواء



ش ٣

وأما سرعة الصوت في الاجسام الصلبة فهي أعظم أيضا فقد عمل (بيوت) عدة تجارب على مواشير الزهر المعدة لتوصيل المياه فظهر له أن سرعة الصوت في الحديد الزهر هي تقريبا قدر سرعته في الهواء عشر مرات ونصف

(انعكاس الصوت والصدى)

اذا صادمت الامواج الصوتية في سبيلها عائقا ثابتا فانها تنعكس بواسطة كما ينعكس الضوء بسطح مصقول وانعكاس الصوت بهذه الكيفية هو الحادث للصدى فانه متى صرخ انسان على

مسافة من حائط مرتفع أو تل يسمع إعادة صوته بعد زمن طويل أو قصير على حسب بعد المسافة وذلك لأن الامواج الصوتية عندما تصادم الحائط أو التل ترد بواسطة الى أذنه ولاجل سماع الصدى يلزم أن يكون بعد العارض الذي يرتد عليه الصوت عن الشخص المتكلم ١٧ متراً على الأقل وذلك لأنه لا يمكن سماع صوتين متفاوتين إلا إذا كانت المسافة بين حدودهما عشرة ثمانية على الأقل وبما أن الصوت يقطع في عشر ثمانية ٣٤ متراً فيجب حينئذ لسماع الصدى وجود الشخص المتكلم على نصف هذه المسافة من العائق أى على ١٧ متراً منه وبدون ذلك فإنه يسمع صوته والصدى الناتج منه في آن واحد

الباب الثاني

(في ارتفاع الصوت ونظريه الموسيقى)

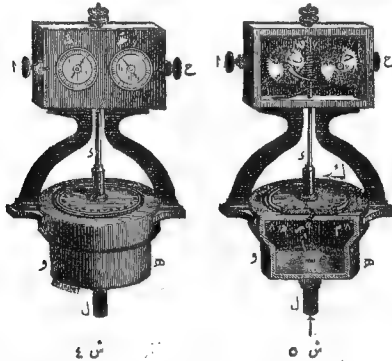
الفصل الاول

(في الاجهزة المعتدة لعد الاهتزازات الصوتية)

(السيرينا المسماة بنت الماء)

قد ظهر لنا فيما سبق أن الاجسام الرنانة تولد أصواتاً ارتفاعها يزداد بازدياد عدد الذبذبات التي تحصل في زمن واحد ولاجل عدد الذبذبات التي تقابل كل صوت تستعمل جلة أجهزة أهمها بيت للماء وهي تتركب كما في (شكل ٤) من علبة اسطوانية هـ هـ في قاعها فتحة مثبتة عليها أنبوبة ل معدة لتوصيل العلبة المذكورة بمنفاخ والجهاز الهوى من هذه العلبة مسدود بقرص ثابت م م (شكل ٥) فيه عدة ثقوب متساوية الأبعاد ومكونة لحيط دائرة واحد وكلها مائلة على سطح هذا القرص وذلك كالنقب ن ومن هذه الثقوب يخرج الهواء الذي يأتي في العلبة هـ هـ من المنفاخ المتصل بها وفوق القرص م م يوجد قرص آخر محكم عليه ومتحرك حول محور رأسي د ويوجد في هذا القرص عدة ثقوب كثقوب القرص السابق الآن ميلها هـ هـ ضد لميل ثقوب ذلك القرص وذلك كالنقب ب وعلى ذلك إذا وجد ثقبان من القرصين أمام بعضهما تكون جميع الثقوب الاخر أمام بعضهما فإذا فرض حينئذ أن القرصين في هذا الوضع أى أن ثقوبهما متقابلة منى منى فالهواء الذي يتفد من ثقوب القرص السفلى يضغط على جدران ثقوب القرص العلوى عند نفوذها منها ويحدث دفعة

على القرص المذكور ويدبره حينئذ في الاتجاه المين بالسهم لـ وجملاً هذه الحركة تجعل في الحال ثقب القرصين غير متقابلة فيقف حينئذ مرور الهواء إلا أنه يمر ثانياً متى دار القرص بمقدار المسافة الموحدة بين ثقبين ويحدث دفعة ثانية على القرص المتحرك وهكذا فينتج من ذلك حينئذ أنه مادام الهواء آتياً من المنفاخ إلى علبة بنت الماء فإن القرص العلوي من هذه الآلة يدور بسرعة تزداد بازدياد كمية الهواء التي تنفذ منه ومتى صارت سرعة الدوران عظيمة يشاهد حدوث صوت يزداد ارتفاعه بازدياد سرعة الدوران



ولاجل بيان طبيعة الصوت المتولد بهذه الكيفية وسبب تولده نفرض مثلاً أن القرص الثابت من بنت الماء المستعمل فيه اثنتا عشرة فتحة وأن القرص المتحرك فيه فتحة واحدة ففي كل دورة من هذا القرص تأتي فتحة على التوالي أمام الاثني عشرة فتحة الموجودة في القرص الثابت وبذلك ينفذ منها الهواء اثني عشرة مرة ويتقطع مثلها وحيث أن الهواء الذي يخرج من هذه الفتحة يحدث دفعات متتالية على الهواء الخارج فيتولد منه حينئذ صوت يزداد ارتفاعه بازدياد عدد الدفعات التي تحصل في زمن واحد أي بازدياد سرعة الدوران

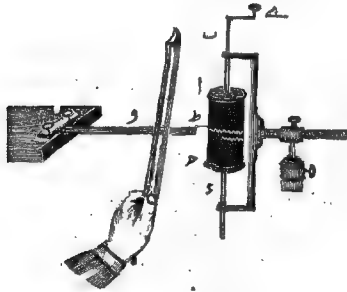
أما إذا كان في القرص المتحرك اثنتا عشرة فتحة كما في القرص الثابت فبإدخاله متى كان أحد ثقب القرص الأول أمام آخر من القرص الثاني تكون جميع الثقوب الأخرى أمام بعضها منثني ومن ذلك ينتج أن الهواء يخرج من الاثني عشرة فتحة مرة واحدة وتكون حينئذ الدفعة التي تحصل منه على الهواء الخارجى قوية أى أن شدة الصوت تزداد أما ارتفاعه فيكون كما كان

في الحالة الاولى ما دامت سرعة الدوران واحدة وذلك لان عدد الذبذبات التي تحصل في الدورة الواحدة من القرص المتحرك يكون أيضاً ثلثي عشرة ذبذبة
ولاجل امكان عد الذبذبات التي تحصل في زمن معين يصنع في الجزء العلوي من محور الدوران د (شكل ٥) قلاووظ في يد رجلة مسننة ب لها مائة سنة وتدور بمقدار سنة واحدة كلما يدور القرص المتحرك دورة تامة وتساوي حركة هذه العجلة من الخارج بواسطة ابرة مثبتة في محورها وتحرك أمام بروز مدرج ب (شكل ٤) ويوجد بجوار هذه العجلة عجلة ثابته ح (شكل ٥) حاملة أيضاً لآلة تحرك أمام بروز آخر بجوار البروز الاول ومعدة لتعيين عدد الدورات التي تدور بها العجلة الاولى ولجل التوصل لهذه الغاية يثبت في محور العجلة ب ذراع K (شكل ٥) طرفه يأتي تحت سنة من اسنان العجلة ح كلما تدور العجلة الحاملة له دورة تامة فيدفع حينئذ الذراع المذكور هذه السنة أمامه لينفذ منها وبذلك يتقدم العجلة ح بمقدار السنة المذكورة والابرة الحاملة لها بمقدار قسم من أقسام البروز المدرج وأخيراً فالعجلتان ح و ب مثبتتان على لوحة يمكن تحريكها بجهة اليمين أو جهة اليسار بالضغط على أحد الزرين أ أو ح وبذلك يحدث تقريب العجلة ب من القلاووظ أو إبعادها عنه فتتبع حينئذ حركته أولاً حسبما تكون معشقة فيه أو بعيدة عنه فإذا أريد حينئذ تعيين عدد الذبذبات التي تحصل عند تولد صوت ثبتت الماء على منفاخ وتوضع الابرتان على صفر تدريج البروازين ب و ح بعد جعل العجلة ب بعيدة عن القلاووظ ثم يمر الهواء شيئاً فشيئاً إلى أن يصير ارتفاع الصوت الذي تولده بنت الماء كارتفاع الصوت المراد تعيين عدد الذبذبات المقابلة له فيضغط حينئذ على الزر أ لجعل العجلة ب معشقة مع القلاووظ وتعين هذه اللحظة ثم يحفظ الصوت على ما هو عليه مدة من الزمن وذلك بتنظيم من ر الهواء في الآلة وبعد ذلك يضغط على الزر ح لتبعد العجلة ب عن القلاووظ وتعين هذه اللحظة أيضاً ويستفاد من وضع الابرتين على البروازين المدرجين عدد الدورات التي دار بها القرص المتحرك في هذه المدة ومنها عدد الذبذبات التي حصلت فإذا فرض مثلاً أن التجربة استمرت ٤٥ ثانية وأن الآلة المتحركة على البروز ح وصلت إلى القسم الثاني والعشرين وأن الآلة المتحركة على البروز الثاني وصلت إلى القسم الخامس والثلاثين فيكون عدد الدورات التي دار بها القرص المتحرك هو ٢٢٣٥ ويكون حينئذ عدد الذبذبات هو ٢٢٣٥×١٢ أي ٢٦٨٢٠ ذبذبة وبقسمة هذا العدد على ٤٥ يكون خارج القسمة وهو ٥٩٦ عدد الذبذبات التي يحدثها الجسم الرنان المصنوعة عليه التجربة في الثانية الواحدة

(تعيين النسبة الكائنة بين عدد ذبذبات صوتين)

يوجد آلات تصليح بالخاص لتعيين النسبة الكائنة بين عدد الذبذبات التي تحصل في آن واحد عند تولد صوتين ارتفاعهما مختلفان

وأبسط هذه الآلات تتركب من اسطوانة أح (شكل ٦) سطحها مغطى بطبقة من النيلج ومحمولة على محور ب و جزؤه العلوي مقنوط ومار في حلقة مقنوفة من الداخل فإذا أدبرت هذه الاسطوانة بواسطة اليد فأنها تنخفض أو ترتفع حسب الاتجاه الذي تدار فيه بحقدار خطوة القلاووظ في كل دورة والجزء و من الشكل عبارة عن ساق معدني مثبت تأمينا قويا من أحد طرفيه وطرفه الآخر خالص وحامل الابر ط سنها متسكن على الاسطوانة أح فإذا أدبرت هذه الاسطوانة وكان الساق و ثابتا فان سن الابر ط يرسم على سطحها في النيلج شكلا حلزونيا أما إذا أحدثت ذبذبة ذلك الساق قبل دوران الاسطوانة فيشاهد أن الحلزون المذكور متعرج كاذلك مبين في الشكل ومن الواضح أن كل تعرج من هذه التعارج يجب يكون مقابلا لذبذبة من ذبذبات الساق و



ش ٦

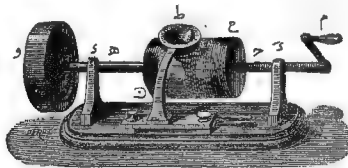
فإذا وضعنا الآن ساقا ثانيا كالساق و تحت ذلك الساق وأحدثنا ذبذبة الساقين في آن واحد ثم أدبرنا الاسطوانة بعد رسم خطين رأسيين على سطحها على بعد مناسب من بعضهما يرى أنه إذا كان الساقان يولدان صوتين ارتفاعهما واحد يكون عدد التعارج الموجودة بين هذين الخطين واحدا في كل من الحلزونين أي أن عدد الذبذبات التي يحدثها كل من الساقين في زمن واحد يكون واحدا أما إذا كان الساقان يولدان صوتين مختلفين فيكتفي بإيجاد النسبة الكائنة

بين عدد الذبذبات التي تحصل في آن واحد عند تولد هذين الصوتين عند التعاريج المتعابلة لكل ساق على حدة وقسمة العددين الناتجين على بعضهما

تنبيهه - اذا فرض ان طبقة النبل الموجودة على الاسطوانة ا ب تجردت والتصفت على سطحها بعد رسم الشكل الحائزوني المتعرج فيها وادبرت هذه الاسطوانة بعد ابعاد طرف الابر ط عنها في اتجاه مضاد للذي اديرت فيه لرسم هذا الحائزوني أن تعود الى وضعها الاصلى ثم وضع سن الابر في النقطة التي تبدأ فيها التعاريج وادبرت الاسطوانة ثانية في الاتجاه الاول يرى أن السن المذكور يكون مجبوراً أن يتبع التعاريج التي رسمها أولاً على سطح الاسطوانة وبذلك يتذبذب القضيب و بالصفة التي كان يتذبذب بها عندما كُتِن التعاريج المذكورة أي أنه يعيد الصوت الذي أحدثه أولاً وعلى ذلك أسس الفونوجراف المنسوب الى (ايديسون)

(الفونوجراف)

هو آلة معدة لطبع الامواج الصوتية عليها تعيدها ثانية وهو يتركب كما في (شكل ٧) من اسطوانة من النحاس الاصفر ع محمولة على محور أفقي ح ه أحد نصفيه مقلوط وغير في حلقة مقلوطة مثله كذا ذلك مبين في الشكل ويوجد على سطح الاسطوانة ع ميزاب حائزوني خطوته تساوي خطوة القلاووظ الذي على المحور فإذا اديرت حينئذ هذه الاسطوانة بواسطة اليد م فإنها تقدم جهة اليمين أو جهة اليسار حسب الاتجاه الذي تدار فيه بقدر خطوة القلاووظ



ش ٧

الموجود عليها في كل دورة وأخيراً يوجد أمام الاسطوانة ع اسطوانة صغيرة ط على هيئة قع محمولة على حامل د وفي قاعها صفيحة رقيقة هـ (شكل ٨) تشبه صفيحة التيليفون وهذه الصفيحة تتكئ مباشرة على انبوبة من الصمغ المرن و متصلة على صفيحة مرنة و منتهية بسن مخروطي من الصلب موجود في مقابلة الميزاب الحائزوني من الاسطوانة

فلاجل طبع الاهتزازات الصوتية على هذه الآلة يتبدأ بتغطية الاسطوانة ح بورقة من



ش ٨

القصد بحيث تكون موضوعة على الاجزاء البارزة بدون أن تدخل في المزاج ثم يوضع طرف السن على سطح هذه الورقة في ابتداء الميزاج المذكور ويتكلم بصوت مرتفع امام فتحة الاسطوانة ط مع تدوير اليد م بحركة منتظمة ما أمكن فالصفحة الصلب ٤ تهتز طبقا للصوت المتولد وتنقل اهتزازاتها الى الاسطوانة ن ومنها الى الصفحة ٥ فيسمع حينئذ السن الموجود في هذه الصفحة على ورقة القصد رابعاجات عميقة كثيرا أو قليلا على حسب شدة الصوت

ولاجل اعادة ما ذكر امام الآلة يبعد أولاً السن عن الاسطوانة ثم تدار في الاتجاه مضاد الذي ادبرت فيه أولاً الى أن تعود الى وضعها الاصلى ثم يقرب السن ويوضع طرفه على أول انبعاج ثم تدار في الاتجاه الاول فيرى أنهم تعيد الجمل التي ذكرت أمامها والذي يحصل عند ذلك هو عكس ما حصل عند التكلم امام فتحة الاسطوانة القمعية أى أن الانبعاجات الموجودة في صفحة القصد يري التي تحدث اهتزازات الصفحة ٥ بتأثيرها على السن الموجود فيها فننتقل حينئذ هذه الاهتزازات الى الاسطوانة ن ومنها الى الصفحة ٤ فيحصل حينئذ في هذه الصفحة نفس الذبذبات التي حصلت فيها أول مرة وبذلك تعيد الاصوات

الفصل الثاني

(في المسافات الموسيقية والسلم الموسيقي)

(المسافات الموسيقية)

المسافة الموسيقية بين صوتين هي النسبة الكائنة بين عدد الذبذبات التي تقابل كلا منهما في زمن واحد

ويقال صوتين أنهما متحدان الصوت اذا قابلا بعددا واحدا من الذبذبات في زمن واحد ويقال لصوت أنه جواب صوت آخر اذا كان عدد الذبذبات التي تقابلها في زمن معين يساوى ضعف عدد الذبذبات التي تقابل الصوت الثاني في ذلك الزمن

وعادة لا تكون مسافات الاصوات الموسيقية معينة بأعداد صحيحة بل بكسور فاذا اختصرت تلك الكسور يرى أنه كلما كان الكسر بسيطا كان اتحاد الصوتين المتغير الكسر مسافة لهما يولد تأثيرا على الاذن لطيفا

(السلم الموسيقي)

السلم الموسيقي هو عبارة عن اجتماع ثمانية أصوات آخرها جواب أولها والمسافة بين كل اثنين منها ثالثة على الدوام

والسلم الأكثر استعمالاً في أوروبا والمستعمل في الموسيقىات بمصر تسمى أصواته بالأسماء الآتية

دوم ری می فا صول لا سی دو

فالصوت الاول من هذا السلم يقال له قرار

ولاجل الحصول على مسافات السمع المذكورين بواسطة بنت الماء عدد الذبذبات التي تحصل في ثانية واحدة عند تولد كل من هذه الاصوات ثم استعملت الاعداد الناتجة لاييجاد المسافات الموسومة التي توحد بين كل من هذه الاصوات والقرار فوجدت المسافات الاتية

دو ری می : فاصول لا سی دو

$$5 \quad \frac{10}{\wedge} \quad \frac{0}{\wedge} \quad \frac{14}{\wedge} \quad \frac{2}{\wedge} \quad \frac{0}{\wedge} \quad \frac{9}{\wedge}$$

وحيث ان أبسط هذه المسافات هو $\frac{3}{4}$ يرى أن الصوتين اللذين بالتحاد هما يتوادعهما أحسن تأثير على الأذن هما دو و صول ويلهما دو وى وأخيراً اجتماع الثلاثة أصوات المذكورة وهى دو وى و صول تكون لما يسمى اتحاداً كاملاً

ويمكن استعمال النتائج السابقة للحصول على المسافات التي توجد بين كل صوتين متتاليين فيكوني لأجل ذلك قسمة كل كسر من الكسور السابقة على الكسر الذي قبله كما هو مبين في الجدول الآتي مع الأسماء التي سميت بها الموسيقيون هذه المسافات

المسافة من دہلی الى ری هي $\frac{9}{8} : 1 = \frac{9}{8}$ ونسمي مقاماً كبيراً

» » ری » می » $\frac{10}{9} = \frac{9}{1} : \frac{0}{2}$ » » صغیرا

» « می » فا » $\frac{17}{10} = \frac{5}{2} : \frac{4}{3}$ » نصف مقام

» فا » صول » $\frac{9}{8} = \frac{4}{3} : \frac{2}{3}$ » مقام کبیرا

» « اصول » لا » $\frac{1}{4} = \frac{3}{5} : \frac{5}{3}$ » « صغيرا »

» لا » سی » $\frac{9}{1} = \frac{0}{1} : \frac{10}{1}$ » کیرا »

» » می » » دو » ۲ : $\frac{10}{1} = \frac{17}{10}$ » نصف مقام

وحيث ان المسافة بين المقام الكبير والمقام الصغير تساوى $\frac{1}{8}$ وهى أصغر مسافة تعتبر في الموسيقى ولا يتيسر لشخص أن يميز صوتين تكون المسافة بينهما هذا القدر الا اذا كان متعودا تعودا تاما على سماع الالخان الموسيقية فيطلق عادة اسم مقام على المقام الكبير والمقام الصغير

وننتج مما تقدم ان مسافات أصوات السلم الموسيقي الذي أساسه دو مكوّنة من مقامين متبوعين بنصف مقام ثم ثلاثة مقامات متبوعة بنصف مقام ومتى كوّن سلم بهذه الصفة أعنى مبتدأ بالصوت دو ومنتها بالصوت دو أمكن تكوين سلم ثان مبتدأ بالصوت دو ومنتها بالصوت دو ويكون كل صوت من أصوات هذا السلم جواب الصوت المقابل له من السلم الاول ويمكن أيضا تكوين سلم ثالث مبتدأ بالصوت دو ومنتها بالصوت دو وهكذا وهذه الصفة تتكوّن أصوات متتالية أخذت ارتفاعاتها في التزايد تنبيه - اذا أريد تكوين سلم قراره خلاف الصوت دو يرى انه يجعل مسافات هذا السلم كمسافات السلمات التي قراراتها دو يجب تعويض بعض أصوات السلم المذكور بأصوات أخرى فمثلا اذا أريد انشاء سلم قراره صول لا يمكن ابقاء جميع الاصوات المستعملة سابقا كما هي أعنى بهذا الوضع

صول لا سى دو رى مى فا صول

لان المسافة بين مى و فا تساوى $\frac{1}{16}$ لا $\frac{1}{8}$ فيجب حينئذ تعويض الصوت فا بصوت أكثر منه ارتفاعا يحصل على عدد ذبذباته بضرب عدد ذبذبات الصوت فا في $\frac{16}{8}$ فهذا الصوت الجديد يطلق عليه اسم فا ديز ويرسم هكذا \sharp فا وهذا التعويض يجعل أيضا المسافة بين \sharp فا و صول تساوى نصف مقام وكذا اذا أريد تكوين سلم قراره رى يرى انه اذا أبقى السلم المذكور بالصورة

رى مى فا \sharp صول لا سى دو رى

تكون المسافة من سى الى دو أقل من المسافة اللازم أن تكون عليها ولذا يعاض الصوت دو في هذا السلم بالصوت دو \sharp

وقد وضعت بهذه الصفة أصوات أخرى تسمى ببول فمثلا اذا أريد تكوين سلم مبتدأ من فا يرى انه يجب تعويض الصوت مى بصوت أقل ارتفاعا منه يسمى سى ببول وكذا اذا أريد تكوين سلم مبتدأ بالصوت سى ببول يلزم تعويض الصوت مى بصوت أقل ارتفاعا منه يسمى مى ببول والخ

الفصل الثالث

(في السلطان العربية)

(سـ لـ المـ رـ صـ د)

ان أسماء أصوات السلم المذكور وأطوال الاوتار التي تولدها هي
رصد دوكة سيكه جرکه نوا حسینی عراق کردان
متر ٠,٩٠٠ ٠,٨٣٢ ٠,٧٦٩ ٠,٦٨٣ ٠,٦٠٧ ٠,٥٣٩ ٠,٥٠٠

فتكون حينئذ النسب بين أطوال هذه الاوتار وطول الوتر الذي يولد الصوت رصد هي

رصد دوكة سيكه جرکه نوا حسینی عراق کردان
 $\frac{1}{1}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{104}{120}$ $\frac{192}{250}$ $\frac{171}{250}$ $\frac{76}{120}$ $\frac{27}{50}$ $\frac{1}{2}$

وحيث اننا سنثبت في مياساتي ان عدد الانذبات التي تحدثها الاوتار في زمن واحد يكون متناسبا
تناسبا عكسيا لطول هذه الاوتار فتكون المسافات بين هذه الاصوات والصوت رصد هي

رصد دوكة سيكه جرکه نوا حسینی عراق کردان
 $\frac{1}{9}$ $\frac{120}{104}$ $\frac{250}{192}$ $\frac{250}{171}$ $\frac{120}{76}$ $\frac{50}{27}$ $\frac{2}{1}$

واذا قسم كل من هذه الكسور على الكسر الذي قبله يتحصل على المسافة بين كل صوتين متتاليين
كما هو مبين في الجدول الآتي

رصد دوكة سيكه جرکه نوا حسینی عراق کردان
 $\frac{1}{9}$ $\frac{220}{250}$ $\frac{27}{24}$ $\frac{192}{171}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{102}{120}$ $\frac{27}{50}$

فاذا قارنا هذه المسافات بمقادير المقام الكبير والمقام الصغير ونصف المقام وثلثي المقام وثلث
المقام وربيع المقام التي مقاديرها هي $\frac{9}{8}$ و $\frac{10}{9}$ و $\frac{17}{16}$ و $\frac{27}{25}$ و $\frac{31}{30}$ يرى
ان $\frac{220}{250}$ أكبر من $\frac{17}{16}$ بمقدار $\frac{17}{13000}$ وان $\frac{27}{24}$ أكبر من $\frac{27}{25}$ بمقدار $\frac{27}{15000}$
وان $\frac{192}{171}$ أصغر من $\frac{9}{8}$ بمقدار $\frac{3}{1368}$ وان $\frac{102}{120}$ أكبر من $\frac{9}{8}$ بمقدار $\frac{1}{1080}$
وان $\frac{27}{50}$ أصغر من $\frac{17}{16}$ بمقدار $\frac{1}{120}$ وحيث ان جميع هذه الفروق أقل من $\frac{1}{80}$
يرى أنه يمكن تعويض المسافتين $\frac{192}{171}$ و $\frac{102}{120}$ بالمسافة $\frac{9}{8}$ والمسافات $\frac{220}{250}$ و $\frac{27}{24}$
و $\frac{27}{50}$ بالمسافة $\frac{17}{16}$

ومن هذا يستنتج أن المسافات المتتالية في سلم الرصد تكون
 من رصد الى دوكة $\frac{1}{4}$ مقام صغير
 « دوكة » سيكه $\frac{171}{130}$ ثلثي مقام
 « سيكه » جرکه $\frac{171}{130}$ »
 « جرکه » نوا $\frac{9}{8}$ مقام كبير
 « نوا » حسيني $\frac{9}{8}$ »
 « حسيني » عراق $\frac{9}{8}$ »
 « عراق » كردان $\frac{171}{130}$ ثلثي مقام

أعني أن مسافات هذا السلم مكوّنة من مقام متبوع مرتين بثلثي مقام ثم من مقامات ثلاثة
 متبوعة بثلثي مقام

ويمكن تحقيق ذلك التركيب بالتجربة فالتناذاعينا عدد الذبذبات التي تقابل للصوت رصد
 في الثانية الواحدة لوجدنا أنها ٢٨٠ فإذا اعتبرنا حينئذ أن سلم الرصد مكوّن كما سبق لوجدنا
 بالحساب أن عدد الذبذبات التي تقابل لاصواته المختلفة في الثانية الواحدة هي

رصد دوكة سيكه جرکه نوا حسيني عراق كردان
 ٢٨٠ ٣١١ ٣٣٦ ٣٦٣ ٤٠٨ ٤٥٩ ٥١٦ ٥٥٨

وقد عين حضرة ابراهيم بك مصطفي بواسطة بنت الماء الذبذبات التي تقابل كلام من هذه الاصوات
 في الثانية الواحدة فوجد

رصد دوكة سيكه جرکه نوا حسيني عراق كردان
 ٢٨٠ ٣١٥ ٣٢٨ ٣٦١ ٤٠١ ٤٦٧ ٥٠٥ ٥٥٨

ولكن بالتأمل يرى أن هذه الاعداد المعينة بواسطة بنت الماء تختلف قليلا عن الاعداد المتحصل
 عليها بالحساب أي باعتبار سلم الرصد مكوّنا من أربعة مقامات وثلاثة ثلثي مقام فهذا
 الاختلاف يجب عدم اعتباره لأن بنت الماء التي استعملها حضرة البك المواليه لا يمكن أن
 تعين مقادير الذبذبات الا بخطأ أقل من ١٥ وذلك لأن الالة المذكورة كان قرصها المتحرك
 ينشغل على ١٥ نقبا ومن المعلوم أنه لا يمكن أن يعين بها الا الدورات الصحيحة فاذن
 يمكن اعتبار سلم الرصد المذکور مكوّنا كما ذكر من أربعة مقامات وثلاثة ثلثي مقام
 حيث ان الفرق بين الاعداد المستنتجة باستعمال بنت الماء وبين الاعداد المستنتجة بالحساب
 أقل من ١٤

وقد اشتق من سلم الرصد جلة سلمات أخرى لازوم لذكرها الآتي ينبغي ملاحظة أمر وهو أنه في جميع السلمات المذكورة لا توجد الامساكات مساوية لمقام كبير أو مقام صغير أو ثلثي مقام أو ثلث مقام أما نصف المقام وربع المقام فلا يوجدان أصلاً وزيادة على ذلك فإن مجموع مسافات كل سلم من السلمات العربية يكون دائماً مساوياً لستة مقامات (١)

الباب الثالث (في اهـ استاز الاوتار)

(في الاهـ استازات العرضية)

لاجل الوقوف على قوانين الاهتزازات العرضية للاوتار يستعمل جهاز يسمى بالصونومترو هو يتركب كما في (شكل ٩) من صندوق مستطيل من الخشب م د مثبت بالقرب من طرفيه فرسان ز و د منفصلان عن بعضهما بمسافة تساوى مترا ويرتكز عليهما سلكان معدنيان أحدهما طرفي كل منهما ثابت والطرفان الآخران أحدهما ملتصق حول مفتاح ه بتدويره يمكن شد السلك أو إرخاؤه والثاني معلّوّه أثقال و يمكن تغييرها وهذا السلك يمر حول بكره ه مثبتة قريباً من الانتقال المتعلقة بطرفه ثم يوجد تحت السلكين المذكورين فرس ثالث و متحرك على مسطرة مدرجة وهذا الفرس بعد تغييره طول الجزء المتذبذب من أحد السلكين والمسطرة معدة لتحديد طول ذلك الجزء فلاجل تولد الذبذبات العرضية يكفي أن يمر على أحد هذين السلكين قوس أو أن يبعد السلك المذكور عن وضعه الطبيعي بالأصبع



ش ٩

(١) من أراد أن يتطالع على توضيح السلمات العربية بالتفصيل فعليه أن يتطالع على الرسالة التي ألفها حضرة إبراهيم بك مصطفى في هذا الموضوع باللغة الفرنسية وهي التي اختصر لهما مذكراته بذلك الشأن

ولتذكر قوانين الاهتزازات العرضية للاوتار يمكن معرفة القانون الآتي

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$$

ففي هذا القانون $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ عبارة عن عدد الاهتزازات التي تحصل بالوتر في الثانية الواحدة و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ نصف قطر ذلك الوتر و L طوله و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ كثافته و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ الانتقال الشاذة لمدينة بالكيلوجرام و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ الهجلة الناتجة من جذب الارض و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ النسبة التقريبية فيرى من ذلك القانون انه بالنسبة للتجارب التي تصنع في نقطة واحدة من سطح الارض يكون $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ متعلقا بأربعة أشياء يمكن تغيير كل منها على حدة وهي $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ و $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ ومن ذلك تستنتج الاربعة قوانين الاتية

أولاً - عدد الذبذبات التي تتولد بوترين مختلفي الطول تكون مناسبة تناسباً عكسياً للطولهما ولاجل اثبات هذا القانون يذب ووتر مشدود على الصونومتر بواسطة نقل اختياري ثم ينظم الوتر الثاني بواسطة المفتاح κ الى أن يصير متحد الصوت مع الوتر الاول فإذا وضع حينئذ الفرس و في وسط الوتر المذكور وذبذب أحد نصفيه وقورن الصوت الذي يولده بالصوت الذي يولده الوتر الثاني يرى أنه جوابه أي أن عدد ذبذبات الوتر القصير في الثانية الواحدة يكون ضعف عدد ذبذبات الوتر الطويل في نفس ذلك الزمن وإذا وضع الفرس على بعد من نهاية السلك يساوي ثلثه أو ربعه أو الخ وذبذب ذلك الجزء يشاهد أن عدد الذبذبات التي يولدها في الثانية الواحدة يكون مساوياً الى ثلاثة أمثال أو أربعة أمثال أو الخ الذبذبات التي يولدها السلك بتمامه في هذه المدة وبذلك ثبت القانون الاول

ثانياً - عدد الذبذبات التي تتولد عند تذبذب وترين طولهما واحد تكون مناسبة تناسباً عكسياً لقطرهما ولاجل اثبات هذا القانون يذب ووتر مشدود على الصونومتر بواسطة نقل اختياري ثم ينظم الوتر الثاني بواسطة المفتاح κ الى أن يصير متحد الصوت مع الوتر الاول فيرفع حينئذ هذا الوتر ويغايض بالوتر الطويل ويطبقه على نصف قطر الوتر المذكور ويشد بالثقالة التي كان مشدوداً بها الوتر الذي قبله ثم يذبذب فيشاهد أن الصوت الذي يولده جواب للصوت الذي يولده الوتر المجاور له ويمكن تحقيق ذلك القانون أيضاً باستعمال أوتار النسبة بين أقطارها معلومة

ثالثاً - عدد الذبذبات التي يولدها وتر واحد تكون مناسبة للجذور التربيعية للانتقال الشاذة ولاجل اثبات هذا القانون يعلق في الوتر $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ ثقلة $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ ثم ينظم الوتر الثاني بواسطة المفتاح κ الى أن يصير هو والوتر الاول متحد الصوت ثم يغايض الثقلة $\frac{1}{\sqrt{\frac{P}{L}}}$ بثقل يزيد عنه أربع مرات

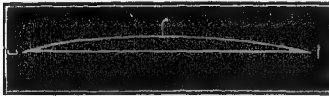
فيحصل عند ذلك على صوت هو جواب الصوت الاول واذا كان الثقل الذي يعاض به الثقل
يساوى تسعة أمثاله يشاهد أن الصوت الذي تولده السلك عند ذلك يقابل بعدد من الذبذبات
يساوى ثلاثة أمثال عدد الذبذبات التي تولدها الوتر المجاور له

رابعا - عدد الذبذبات التي تولدها الاوتار المصنوعة من مواد مختلفة يكون مناسباً بالعكس
الجذور التربيعية لكثافة هذه المواد

ولاجل تحقيق هذا القانون يؤخذ وتران قطرهما واحد ومن مادتين مختلفتين كالنحاس
والفضة مثلاً يعلق في طرفيهما ثقلاً متساويان ويعين الصوتان اللذان يحدثان عند تذبذب
كل منهما ثم عدد الذبذبات التي تقابل كل واحد من هذين الصوتين فيرى أن هذين العددين مناسبان
لعكس الجذرين التربيعيين لكثافة النحاس والفضة

(في عقد الاهتزازات وبطونها)

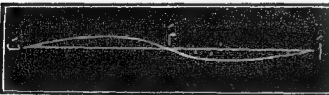
اذا فرض وتر $\alpha\beta$ (شكل ١٠) مشدود على الصونومتر ومرر قوس على حركته المتوسط يرى



١٠ س

أن الانتفاخ الظاهري الذي
يحصل فيه يدل على أن جميع
أجزائه تذبذب ويمكن بيان
ذلك أيضا بوضع قصاصات

صغيرة من الورق مئنية على نفسها في النقاط المختلفة من الوتر المذكور فيرى أن جميعها تنقلب
من عليه بمجرد تذبذبه والصوت الذي يحصل عليه عند ذلك يسمى بالصوت الاساسي للوتر
أما اذا ضغط ضغطا خفيفا بواسطة الاصبع في النقطة γ التي هي منتصف الوتر (شكل ١١)

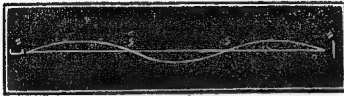


١١ س

وهذا أحد نصفيه $\alpha\gamma$ بواسطة
قوس فإنه يحصل على صوت هو
جواب الصوت الاساسي أي
يقابل بعدد من الذبذبات في الثانية

الواحدة يساوى ضعف عدد الذبذبات التي يقابل لها الصوت الاساسي في ذلك الزمن ولولا ملنا
لوجدنا النصف الثاني $\gamma\beta$ الذي لم يؤثر عليه بالقوس تذبذب أيضا على حدته ويعرف ذلك
من الانتفاخ الظاهري الذي يحصل فيه ومن انقلاب قطع الورق التي توضع عليه فينتج
من ذلك حينئذ أن النصفين اللذين ينقسم اليهما الوتر تذبذب كل منهما على حدته ويولد الصوت

الخاص بطوله كذا اذا وضع الاصبع في نقطة د (شكل ١٢) موجودة على بعد من نهاية الوتر



من ١٢

أ يساوي ثلث طوله وأثر بالقوس على نقطة من نقط الجزء أ د شوه أن الصوت الذي تولده يكون مقابلا

لعدد من الذبذبات في الثانية الواحدة يساوي ثلاثة أمثال الذبذبات التي يقابل لها الصوت الاساسي في ذلك الزمن وبشاهد عند ذلك ان نقطة د التي هي نهاية الثلث الثاني من الوتر تبقى ثابتة كالنقطة د وذلك لانه اذا وضعت عليها قطعة من الورق فانها تبقى ثابتة أما اذا وضعت قطع الورق بين د و د أو بين د و د فيرى أنها تنقلب عند ذبذبة الجزء أ د فينتج من ذلك حينئذ أن الوترية تقسم عند ذلك الى ثلاثة أثلاث كل منها يتذبذب على حدته وبوله الصوت الخاص بطوله

وعلى العموم فانه يحصل على نتائج كالسابقة بتقسيم الوتر الى أجزاء متداخلة في طوله فالنقط التي تحدد الأجزاء التي تتذبذب يقال لها عقد ونقط منتصف هذه الأجزاء التي يكون فيها التذبذب في نهايتها العظمى يقال لها بطون

(في الاهتزازات الطولية)

يمكن حصول اهتزاز الاوتار في اتجاه طولها وكيفية ذلك أن تدلك طوليا بقطعة من الجوخ عليها قليل من مسحوق القلقونيا والاهتزازات الطولية للاوتار منقادة الى قوانين الاهتزازات العرضية لها لكنها تكون سريعة وبذلك تحدث أصواتا حادة جدا

الكلام على الضوء

الباب الاول

(في انتشار الضوء)

(تقسيم الاجسام الى مضيئة وغير مضيئة)

تنقسم الاجسام من حيث الاضاءة وعدمها الى قسمين مضيئة وغير مضيئة فالمضيئة وتسمى بالنايع الضوئية هي التي ينتشر منها الضوء ويمكن مشاهدتها بدون واسطة كالشمس والنجوم والمصابيح

وغير المضيئة هي التي لا يمكن مشاهدتها الا بعد انارتها بجسم مضيء وهي اقلام شفافة ونصف شفافة ومعمة . فالشفافة هي التي ينفذ منها الضوء فيرى ما خلفها كالهواء والماء النقي والزجاج . والنصف شفافة هي التي ينفذ منها بعض الضوء ولا يشاهد من خلفها ألوان المرئيات ولا أشكالها ولا أبعادها كالورق المطلي بالزيت . والمعمة هي التي لا ينفذ منها الضوء أصلا كالخشب والنلزات وبما أنه لا يوجد فرق بين الضوء المنتشر مباشرة من ينبوع ضوئي والذي ترده البنايا الاجسام المضاعة فتسمى عادة جميع الاجسام التي يمكن مشاهدتها سواء كانت مضيئة من نفسها أو بتأثير ينبوع ضوئي خارجي بالاجسام المضيئة

(نظريتا الانتشار والتموج)

أوضح العلماء كيفية تأثير الضوء على أعيننا في نظريتين نظرية الانتشار ونظرية التماوج . أما نظرية الانتشار التي وضعها (نيوتن) فهي ان الاجسام المضيئة ينتشر منها في جميع الجهات بغاية السرعة سبال لطيف يخترق الاجسام الشفافة ويصل الى باطن العين فيحدث فيها تنبها مخصوصا به تدرك تلك الاجسام

وأما نظرية التماوج التي وضعها (ديكارت) فهي ان الاجسام المضيئة يحصل فيها اهتزازات سريعة تنتقل الى العين تدريجا بواسطة سبال لطيف مرن منتشر في جميع الكون بل وفي الاخيلية التي بين جزيئات الاجسام يسمى اثيرا ولا يشبه علينا هذا السبال بالهواء

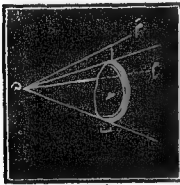
فإن ترى الكواكب وهي معزلة عنه وعلى هذه النظرية يظهر تشبيه تولد الضوء وانتشاره في الأثير بتولد الصوت وانتشاره في الهواء وعليها جرى معظم الطبيعيين حيث وجدت بواسطتها نتائج كانت مجهولة من قبل وحقت بعد إيجادها بالتجربة بخلاف الأولى

(انتشار الضوء على خط مستقيم والاشعة الضوئية)

إن الضوء ينتشر من نقطة إلى أخرى في وسط متجانس إلا جزاء تبعاً للخط المستقيم الواصل بين هاتين النقطتين ويأبى أنما إذا نظرنا شدة من ثقب صغير في حجاب ثم وضعنا أصبعنا على الخط المستقيم الواصل من ذلك الثقب إلى لهب الشمعة محجب ذلك الأصبع ضوءها فإذا أبعدناه عن ذلك الخط رأينا الشمعة فأبى وبذلك يعلم أن الخط الذي يتبعه الضوء حتى يصل إلى نقطة الحجاب يكون مستقيماً وحيث أنه يمكن رؤية الشمعة مهما كان وضع العين حولها فينتج أن كل نقطة من اللهب يخرج منها خطوط ضوئية مستقيمة في جميع الجهات تسمى بالاشعة الضوئية

(التظليل)

إن الأجسام المعتمة إذا صادفها الضوء في إحدى جهاتها منعت نفوذه منها ويكون ما وراءها ذا ظلمة تمتد إلى مسافة ما وهذه الظلمة تسمى بظل الأجسام ويمكن تعيين حدوده بطريقة هندسية بسيطة وهي أن نفرض أولاً لأجل السهولة أن الجسم المضيء عبارة عن نقطة وليكن (١٣) فإذا رسم من تلك النقطة شعاع (١) مماس للجسم المعتم (٢) وفرض أن هذا الشعاع يتحرك حوله فإنه يرسم سطحاً



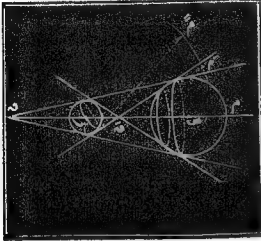
ش ١٣

محزوطاً (١) رأسه (٢) وموجود داخل الجسم (٣) فإذا أخذت نقطة (٤) داخل ذلك المحزوط في ما وراء جهة الضوء فالشعاع المنتشر من (٥) في الاتجاه (٦) م يمنع الجسم (٧) من الوصول إلى نقطة (٨) أما إذا أخذت نقطة (٩) خارج ذلك السطح فيصل إليها الشعاع (١٠) وبذلك يكون سطح المحزوط هو المحدد للظل

(الغيبش)

إذا فرض أن الجسم المنير ذو أبعاد كافي أغلب البنابيع فيستكون حول ظله خيال ظلي يأخذ في الضعف حتى ينتهي وهذا الخيال هو المسمى بالغيبش

ولبيان ذلك نفرض سهولة الفهم أن الجسم المضيء كروي والمعم كذلك ولكن من (شكل ١٤) الكرة المضئئة و ص الكرة المعتمة فإذا رسم المخروطات المماسات للكرتين خارجاً فكل نقطة مثل م موجودة داخل ذلك المخروط على عين الكرة المعتمة لا يصل إليها أدنى شعاع من الكرة المضئئة وذلك لأن كل خط ماراً بتلك النقطة وبأى نقطة أخرى من الكرة المضئئة يقابل الكرة المعتمة فينتج من ذلك أن جميع النقاط الموجودة داخل ذلك المخروط على عين الجسم ص تكون في الظل وإذا رسم المخروطات المماسات للكرتين



ش ١٤

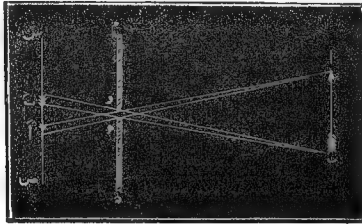
داخلاً وقرضت نقطتان م و م على بعدين متساويين من الكرة ص أحدهما م خارج ذلك المخروط والاخرى بينه وبين المخروطات المماسات للكرتين خارجاً ورسم من نقطة م مخروط مماس للكرة ص يرى أن تلك النقطة تصل إليها جميع الأشعة المنتشرة من الجزء المقابل لها من الكرة المضئئة وإذا رسم من نقطة م أيضاً مخروط

مماس لتلك الكرة يرى أنه لا يصل إلى تلك النقطة إلا بعض الأشعة المنتشرة من الجزء الموجود أمامها وأما البعض الآخر فتمنع الكرة المعتمة من الوصول إليها ثم إن مقدار الضوء الذي يصل ينقص كلما قربت النقطة م من المخروط الخارج فينتج من ذلك أن الجزء المحصور بين المخروطين على عين الكرة المعتمة يكون أقل إنارة من الجزء الموجود خارج المخروط الداخلي وكية الضوء التي تقع عليه تأخذ في التناقص كلما قربت من الجزء الموجود فيه الظل وهذا الجزء هو ما يسمى بالغيب ويمكن مشاهدة الظل والغيب داخل أودة مظلمة بوضع شمعة خلف قرص من الورق المقوى فيرى خلف ذلك القرص على الحائط الموازية له ظل وغيب في غاية من الوضوح

(تكوين الصور داخل الأودة المعتمة)

إذا وجد الإنسان داخل أودة شبيهة بها أبوابها مغلقة غلقاً تاماً بحيث لا يدخل فيها الضوء إلا من فتحة صغيرة مصنوعة في أحد الشبائيك ووضع أمام تلك الفتحة مجاًهاً شاهداً عليه صور المرئيات الموجودة أمام الفتحة من الخارج

ولبيان ذلك نفرض أن أب (شكل ١٥) جسم مضى موجود خارج الاودة و م قطع الشباك الذى فيه الفحة و م ص حجاب موجود داخل الاودة مواز للفحة فيرى من الرسم ان كل نقطة من الجسم المضى أب ترسل داخل الاودة منحروطاً من الاشعة الضوئية رأسه تلك النقطة وأحرفه متكئة على محيط الفحة وبذلك يترك من هذه المخاريط جزءاً من الحجاب شكله مشابه لشكل الفحة



ش ١٥

الأنه اذا كانت الفحة صغيرة جداً والجسم المضى بعيداً عنها فتكون فحات هذه المخاريط صغيرة جداً وتؤول حينئذ الاسطح المنارة من الحجاب الى نقط ضوئية مجموعها يكون صورة أ ب مقابولة بالنسبة للجسم أب واذا أبعدنا الحجاب عن الفحة شيئاً فشيئاً شاهد أن الصورة أ ب تأخذ في الازدياد بزيادة م مناسبة لازدياد البعد

وبهذه الكيفية أيضاً تكون صور مستديرة للشمس في ظل الاشجار يمرور الاشعة الآتية منها من المسافات الصغيرة الموجودة بين أوراقها الآن هذه الصور تكون دائماً في بلادنا مقاطعات ناقصة بسبب كون الاشعة الشمسية لا تكون أبداً عمودية على سطح الارض واذا أريد الحصول على صور مستديرة يكفي استقبال ظل شجرة على قطعة من الورق موضوعة وضعها عمودياً على اتجاه الاشعة الشمسية وأخيراً عند ما تكون الشمس مكسوفة كسوف جزئياً تكون صورها على شكل الهلال

(في سرعة انتشار الضوء)

أول من عين سرعة الضوء في الهواء هو (رومير) الفلكي الذى استنتج بعد اجراء عدة تجارب فلكية أن الضوء يقطع في الثانية الواحدة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر وقد أيد ذلك بعده كل من (نيرون) و (فوكو) بتجارب أخرى مختلفة بالكلية لتجربته فينتج من ذلك حينئذ أن الضوء يقطع مسافة تساوى محيط الكرة الارضية في أقل من $\frac{1}{٧}$ ثانية.

الباب الثاني

(في مقارنة الشدة النسبية لضوءين)

(في مقارنة شدة استضاءة جسم ينبوع ضوئي موضوع على أبعاد مختلفة منه)

ان كمية الضوء التي تقع عمودية على سطح واحد من ينبوع ضوئي موضوع على أبعاد مختلفة منه تكون مناسبة لعكس مربع الأبعاد ويحقق ذلك بالاثبات الآتي

إذا فرضت نقطة منسيرة داخل كرة نصف قطرها يساوي مترا فيقع على سطحها الداخلي كل الأشعة المنتشرة من هذه النقطة فإذا وضعت تلك الكرة بكرة أخرى نصف قطرها يساوي مترين وقع على سطحها أيضا كل الأشعة المنتشرة من النقطة الضوئية وبما أن سطح الكرة الثانية أكبر من سطح الكرة الأولى أربع مرات فتكون إضاءة وحدة السطوح فيها أي كمية الضوء التي تقع عليها أقل من إضاءة وحدة السطوح في الكرة الأولى أربع مرات وإذا وضعت الكرة الثانية باخرى نصف قطرها ثلاثة أمتار يرى أن إضاءة وحدة السطوح في تلك الحالة تكون أقل من إضاءتها في الحالة الأولى تسع مرات أعني أن كمية الضوء التي تقع على سطح واحد صغير أي إضاءته تكون مناسبة لعكس مربع بعده عن ينبوع الضوء

(في تعريف شدة الضوء)

شدة ضوء أي منبع ضوئي هي عبارة عن الأارة التي يحدثها على سطح صغير بعده عنه يساوي الوحدة

ويقال ان شدة منبعين ضوئيين واحدة إذا أناروا بكيفية واحدة جسماء غيرا موضوعا على بعد منهما يساوي الوحدة ويقال أيضا ان شدة ينبوع ضوئي تساوي ضعف شدة ينبوع ضوئي آخر أو ثلاثة أمثاله إذا أنار ذلك الينبوع سطحاء غيرا موضوعا على بعده عنه يساوي الوحدة كما ينيره ينبوعان أو ثلاثة مساوية للينبوع الثاني وعلى بعده عنه يساوي الوحدة أيضا

(في مقارنة شدة الينابيع الضوئية)

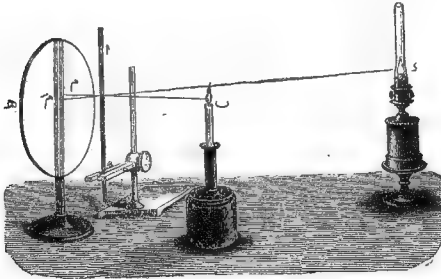
ان الطرق المستعملة لمقارنة شدة الينابيع الضوئية ببعضها مؤسوسة على النظرية الآتية وهي إذا أضاء منبعان سطحاء موضوعا على بعدين d و d' منهما إضاءة واحدة فتكون النسبة

بين شدتيهما كالنسبة بين مربعي بعديهما عن ذلك السطح أعني أنه لو فرض الشدتين بحرفي
 $\frac{r_2}{r_3} = \frac{m}{m'}$ يكون

لأجل البرهان على ذلك يقال إن شدة ينبوع الأول m عبارة عن الاضاءة التي يحدثها
 على سطح معين موضوع على بعد منه مساو إلى الوحدة وبذلك تكون كمية الضوء التي تقع على
 ذلك السطح من المنبع وهو على بعد يساوي r_2 عبارة عن $\frac{m}{r_2^2}$ كذا إن كمية الضوء التي تقع
 على ذلك السطح من المنبع الثاني وهو على بعد يساوي r_3 تكون عبارة عن $\frac{m'}{r_3^2}$ وبما أن
 هذين المنبعين يضيئان اضاءة واحدة السطح الموضوع على البعدين r_2 و r_3 منهما يكون
 $\frac{m}{r_2^2} = \frac{m'}{r_3^2}$ أو $\frac{r_2}{r_3} = \frac{m}{m'}$ وهو المطلوب

(فوتومتر رومفور)

قد أسست على الخاصية المتقدمة آلات تسمى بالفوتومترات تصلح لمقارنة شدة ينباع الضوءية
 وأبسطها هو فوتومتر رومفور وهو مركب من قرص من ورق المقوى هـ (شكل ١٦)
 موضوع أمامه قضيب رأسي من الخشب أ ووضع خلف ذلك القضيب ينبوعان ويغير
 وضعهما إلى أن تصير اضاءة خيالهما م م' واحدة فعند ذلك تقاس ابعاد المنبعين عن
 القرص فالنسبة بين شدتي هذين المنبعين تكون كالنسبة بين مربعي البعدين



الباب الثالث

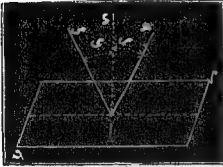
(في الانعكاس الضوئي)

الفصل الاول

(في الانعكاس على الاسطح المستوية)

(في الانعكاس المنتظم)

اذا قابل شعاع ضوئي سطحاً مصقولاً من جسم معتم أو سطح سائل معتم كالزئبق فإنه ينعكس في اتجاه معين لا يحول عنه أى أنه متى علم اتجاه الشعاع الساقط فإنه يمكن إيجاد الشعاع المنعكس وإبيان ذلك نفرض أن م م (شكل ١٧) مستو مصقول و س أ شعاع ساقط عليه و ه أ الشعاع المنعكس المقابل له فالمستوى



ش ١٧

المكون من الشعاع الساقط س أ والمود أ ه أ المقام من نقطة أ يسمى مستوى السقوط والزاوية س ه أ تسمى زاوية السقوط والزاوية ه أ تسمى زاوية الانعكاس . والقوانين التي يرتبط بها الشعاع المنعكس بالشعاع الساقط هي

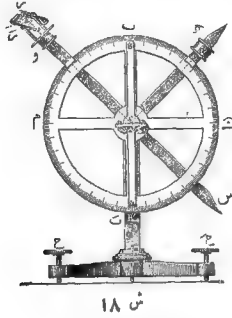
أولاً - ان الشعاع المنعكس يبقى في مستوى السقوط

ثانياً - ان زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط

ويثبت هذا القانونان بواسطة جهاز (شكل ١٨) مكون من دائرة رأسية مدرجة ب د م موجودة في مركزها مرآة د ومن قضيتين أو مسطرتين يدوران حول المركز وكل منهما حامل لانبوبة صغيرة قناتها ماضية جداً

وكيفية العمل أن ننفذ حزمة ضوئية متوازية من محور الانبوبة و بواسطة المرآة س أ ثم نوفق عين المبر على الفتحة الظاهرة من الانبوبة الثانية ه و يحرك القضيب الحامل لها الى أن تقع الأشعة المنعكسة على المرآة د عليها فيرى عند ذلك أن القوس ه ب يساوى القوس ب و واذن فقد ثبت القانون الثاني

ويحقق القانون الاول من هذا الوضع أيضا لان محوري الاتبوسين ه و و اللذين تمر منهما الاشعة الساقطة والاشعة المنعكسة يكونان في مستو واحد رأسي عمودي على سطح المرآة



(المـرآيات المـستوية)

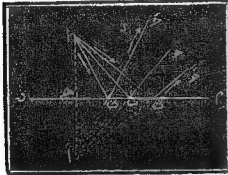
المرآيات المستوية هي أسطح مستوية موصولة بمقلا ناما وكان الاقدمون يصنعونها من المعادن الا انها كانت تغطي بمرور الزمن عليها بطبقة من الصدأ ولذا فانها تصنع الآن في أغلب البلاد من ألواح من زجاج مغطى أحد أوجيها بطبقة رقيقة من القصدير أو القصضة فالاشعة الضوئية التي تسقط على المرآة تنعكس على تلك الطبقة بعد أن تنفذ من الزجاج

(تكون صورة نقطة في المرآيات المستوية)

اذا نظر الانسان في مرآة مستوية ظهر له خلفها الاجسام المضيئة الموجودة أمامها وذلك ليس بالنتيجة الانعكاس المنتظم للاشعة الضوئية التي تسقط عليها من تلك الاجسام

ولبيان ذلك نفرض نقطة ضوئية أ موجودة أمام مرآة مستوية ونفرض أن م د هو خط تقاطع مستوى هذه المرآة مع المستوى العمودي على مستويها والمار بالقطعة الضوئية فاننا فرضنا شعاعا ضوئيا اب في ذلك المستوى (شكل ١٩) فانه ينعكس فيه ويأخذ الاتجاه ب ح بحيث تكون الزاوية ا ب د مساوية الى الزاوية ح ب د فلما أنزلنا من نقطة أ عمودا على سطح المرآة ومددنا ح ب على استقامته الى أن يقابل ذلك العمود في نقطة أ

فيكون المثلثان $أ ب هـ$ و $أ ب هـ$ القائم الزاوية متساويين بما أن فيهما الضلع $هـ ب$ مشترك والزواويتين $أ ب هـ$ و $أ ب هـ$



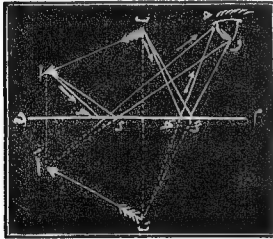
ش ١٩

متساويتان لأن احدهما متممة لزاوية السقوط والاخرى لزاوية الانعكاس فينتج حينئذ من تساوي هذين المثلثين أن الضلع $أ هـ$ يساوي الضلع $أ هـ$ أعني أن الشعاع المنعكس يمر امتداده بالنقطة $أ$ المماثلة للنقطة $أ$ بالنسبة لسطح المرآة وبما أن الشعاع $أ ب$ هو شعاع

حينئذ اتفق فيرى أن جميع الاشعة المنتشرة من النقطة $أ$ وتقابل سطح المرآة تنعكس على ذلك السطح بحيث ان امتداداتها تمر بالنقطة $أ$ المماثلة لها بالنسبة للسطح المذكور فاذا وقع حينئذ على العين حزمة من تلك الاشعة تؤثر عليها كما اذا كانت منتشرة من النقطة $أ$ وبذلك يتخيل لها وجود نقطة منيرة في تلك النقطة وتسمى نقطة $أ$ بصورة النقطة $أ$

(تكوين صور الاجسام المضيئة في المرايات المستوية)

بناء على ما تقدم يرى أنه اذا وجد مستقيم مضيء $أ ب$ (شكل ٢٠) أمام مرآة مستوية $م د$ فتكون له صورة $أ ب$ مماثلة له بالنسبة



ش ٢٠

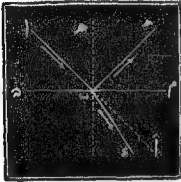
للسطح العاكس من تلك المرآة واذا أريد تحديد الاشعة التي بعد انعكاسها تحدث على العين الموجودة في وضع $هـ$ هو مأخوذ بالاختيار تأثير به تبصر صورة النقطة $أ$ مثلاً لكي توصيل $أ$ الى المحيط الحدقة ونعين منحنى تقاطع سطح المرآة مع أحرف المخروط الناتج من ذلك ثم توصل فقط ذلك المنحنى الى نقطة $أ$ فالاشعة

المذكورة تكون هي المحصورة في المخروط $أ ح د$ وبالكيفية عينها يوجد أن الاشعة التي بعد انعكاسها تولد صورة النقطة $ب$ هي الموجودة في المخروط $ب ح د$ واذا كان الجسم المضيء شكله أياماً كان فتكون له أيضاً صورة مماثلة له بالنسبة لكل مستو عاكس يوضع أمامه

تنبه - جميع الصور التي تتكون في المرايات المستوية ليس لها وجود بمعنى ان النقطة التي يظهر للعين وجود تلك الصور فيها لا يوجد فيها ضوء أصلاً وإذا تسمى بالصور التقديرية

(انعكاس الاشعة الضوئية على أسطح الاجسام الشفافة)

ان الانعكاس المنتظم الذي سبق الكلام عليه يحدث أيضاً على أسطح الاجسام الشفافة كالزجاج والزهريج الآتية لا يكون الا جزئياً فإذا افترض مثلاً أن شعاعاً ضوئياً AB (شكل ٢١) قابل



ش ٢١

سطح جسم شفاف CD فان جزءاً منه ينعكس في الاتجاه AB والجزء الآخر يدخل في باطن الجسم الشفاف CD ويخرج عن اتجاهه الأصلي أي أنه عوضاً عن أن يستمر على الانتشار في اتجاهه الأصلي AB يأخذ اتجاهها الآخر CD وهذه الظاهرة هي ما يعبر عنها بانكسار الاشعة الضوئية وسنكلم عليها فيماتياً

ومقدار الضوء الذي ينعكس على أسطح الاجسام الشفافة يزداد بزيادة زاوية السقوط ويحقق ذلك باستقبال داخل أودة مظلمة على لوحة من الزجاج خزمة من الاشعة الضوئية فإذا كانت اللوحة عمودية على الاشعة الساقطة يشاهد أن الخزمة الضوئية تنفذ منها تقريباً بتمامها ولا ينعكس منها الجزء ضعيف جداً بخلاف ما إذا كانت زاوية السقوط تقرب من 90° فان الخزمة تنعكس تقريباً بتمامها ولا ينفذ منها من اللوحة الجزء ضعيف

(في الانعكاس الغير منتظم)

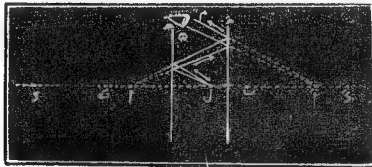
إذا أدخلت خزمة من الاشعة الضوئية داخل أودة مظلمة واستقبلت على سطح مرآة مستوية وكان شخص موجود داخل الأودة فلا يصل اليه الضوء الا اذا كان موجوداً على اتجاه الاشعة المنعكسة على المرآة أما اذا استقبلت الخزمة المذكورة على حائط أبيض فها كان وضع الشخص في الأودة فإنه يرى الجزء المسار من الحائط وذلك يدل على ان الجزء المذكور ينعكس الاشعة التي تسقط عليه في جميع الجهات ويعبر عن ذلك الانعكاس بالانعكاس الغير منتظم ويمكن توضيح ظاهرة الانعكاس الغير منتظم باعتبار كل خشونة من الاجسام الغير مضسقة مكونة من أسطح عديدة مستوية اتجاهاتها مختلفة وتنعكس حينئذ الاشعة التي تسقط عليها في جميع الجهات

والانعكاس الغير منتظم هو الذي يصيرنا أهلال رؤية الاجسام التي تحيط بنا مدة النهار حتى التي لا تسقط عليها الاشعة الشمسية مباشرة وذلك لان الاجسام التي توجد في الشمس تعكس مقداراً من الاشعة التي تسقط عليها الى الاجسام الاخر وتيرها انارة كافية بما يمكننا مشاهدتها

(تكوين الصور في مرآتين مستويتين ومتوازيتين)

اذا كانت نقطة ضوئية موضوعة بين مرآتين مستويتين ومتوازيتين تكونت عنهما صور عديدة سدتما أخذت في الضعف وموضوعة على خط عمودي على سطحى المرآتين ومار بالنقطة ويوضح ذلك بما هو مرسوم في (شكل ٢٢) ففي ل نقطة ضوئية موضوعة بين مرآتين مستويتين ومتوازيتين و α فالاشعة التي تسقط على المرآة α تتكون عنها صورة في ا والتي تسقط على المرآة β تتكون عنها صورة في ب لكن هذه الاشعة الاخيرة بعد انعكاسها على المرآة α تسقط على المرآة β كالذا كانت آتية من نقطة ضوئية موجودة في ب فيكون عنها حينئذ صورة ب مماثلة الى ب بالنسبة للمرآة α كذا ان الاشعة التي بعد انعكاسها على المرآة β تكون الصورة ا تسقط على المرآة α كالذا كانت آتية من نقطة ضوئية موجودة في ا فيكون عنها حينئذ صورة في ا مماثلة الى ا بالنسبة للمرآة β وهكذا

وبالتأمل في الشكل يرى سير الاشعة التي تحدث على العين تأثيراً به ترى نقطة ضوئية في ا



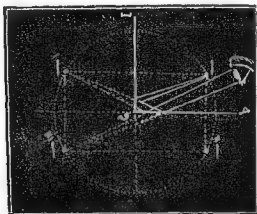
٢٢

(المبريات الزاوية)

اذا كانت نقطة ضوئية ا موجودة بين مرآتين مكوتين مع بعضهما زاوية قائمة فيسكون لهما ثلاث صور آ و ا و ا كذا لك مبين في (شكل ٢٣) واذا تغير مقدار الزاوية

(٥) طبعه (رابع)

المكوّنة من المرآتين فعدد الصور يتغير ويزداد كلما صغرت الزاوية فمثلاً إذا كانت الزاوية تساوي ٦٠° فعدد الصور يكون مساوياً إلى خمسة



٢٣

تنبيه - الصور التي تتكوّن في المرايات الزاوية تكون كلها على محيط دائرة واحد مركزه على حرف الزاوية الزوجية المكوّنة من المرآتين وما بال نقطة الضوئية ثم إن الصور التي تتكوّن لا تكون جميعها واضحة إلا إذا كان ضعف زاوية المرآتين محصوراً حراً صحيحة في ٣٦٠°

الفصل الثاني

(في المرايات المنحنية)

(في الانعكاس على الاسطح المنحنية)

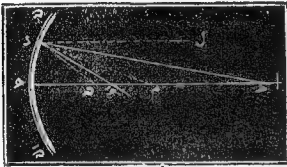
اعلم أنه يمكن اعتبار كل سطح منحن متصداً في كل نقطة من نقطة مع المستوى المماس له في تلك النقطة وبذلك يرى أنه إذا سقط شعاع ضوئي على سطح مرآة منحدية فإنه ينعكس عليها كما ينعكس على المستوى المماس لها في نقطة السقوط ولأن ذلك هو خواص المرايات الكروية لكثرة استعمالها

(في المرايات الكروية)

المرايات الكروية هي أجزاء من أسطح كرات مصقولة من الداخل أو من الخارج ويقال لها مقعرة إذا كان سطحها الداخلي هو المصقول ومحدبة إذا كان العكس

(في صورة نقطة موجودة على المحور الأصلي)

إذا أخذت نقطة ضوئية δ داخل أودة مظلمة أمام مرآة مقعرة وعلى محورها الأصلي فجميع الأشعة المنتشرة من تلك النقطة بعد أن تنعكس على سطح المرآة تمر بنقطة واحدة δ' على محورها الأصلي أيضا كما هو مبين في (شكل ٢٦) والدليل على ذلك أنه إذا أخذنا حجاب صغير



وحرلنا على المحور الأصلي يشاهد أن الأشعة المنعكسة تكون عليه عندما يمر بالنقطة δ' نقطة مضيئة هي نقطة تقاطع الأشعة المنعكسة ولأجل إيجاد النقطة δ' عاينا في رسم أحد الأشعة المنتشرة من النقطة δ وليكن δ

ورسم اتجاهه بعد أن ينعكس على سطح المرآة وكيفية ذلك أن يرسم من نقطة δ مستقيم يصنع مع العمود M زاوية $M\delta\delta' = M\delta\delta'$ فنقطة δ' التي يقابل فيها الشعاع المذكور المحور الأصلي M تكون هي النقطة المطلوبة

(تبيهاات)

الأول - بمأن الشعاع δ الذي هو أحد الأشعة الساقطة على سطح المرآة من النقطة δ يصنع مع العمود M زاوية سقوط أصغر من الزاوية $L\delta M$ التي هي زاوية سقوط الشعاع L الموازي للحوار الأصلي فتكون زاوية الانعكاس المقابلة للشعاع δ أصغر من زاوية الانعكاس المقابلة للشعاع L ومن ذلك ينتج أن النقطة δ' التي يقابل فيها الشعاع المنعكس δ المحور الأصلي تكون بين مركز انحناء المرآة M وبورتها N وهذا يتحقق بالتجربة

الثاني - النقطتان δ و δ' مرتبطتان ببعضهما بمعنى أنه إذا نقلت النقطة الضوئية من δ إلى δ' فإن صورتها تنتقل من δ' إلى δ وبهذا السبب سميت النقطة δ' بالورة المرتبطة بالنقطة δ وبالعكس

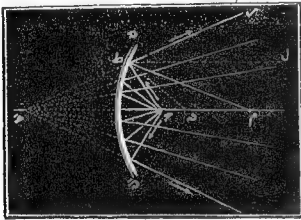
الثالث - بالتأمل في (شكل ٢٦) يرى أنه إذا قربت النقطة δ من المركز أو بعدت عنه فإن صورتها تقرب منه أو تبعد عنه أيضا وذلك لأن زوايا الانكسار تنصغر أو تكبر تبعاً لزوايا السقوط

الرابع - اذا كانت النقطة الضوئية في مركز المرآة فتكون الاشعة الساقطة منها عمودية على السطح العاكس وبذلك تنعكس على اتجاهاتها وتكون الصورة التي تكونها منطبقة على النقطة الضوئية

الخامس - عند ما تكون النقطة الضوئية بين المركز والبؤرة تتكون صورتها خارج المركز وتبعد عنه كلما قربت النقطة الضوئية من البؤرة

السادس - اذا كانت النقطة الضوئية في البؤرة تكون الاشعة المنعكسة موازية للحدود الاصلية أي أنها لا تقابل وبذلك فلا يكون للنقطة الضوئية صورة الا أنه يقال أحياناً ان صورة النقطة الموجودة في بؤرة مرآة مقعرة تتكون على بعد غير نهائي منها

السابع - اذا فرضنا الآن أن النقطة الضوئية موجودة بين المرآة وبؤرتها الاصلية فكل شعاع يسقط على المرآة من تلك النقطة



ش ٢٧

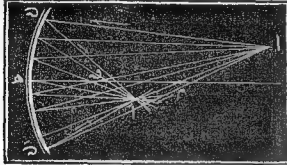
كالشعاع ح ط (شكل ٢٧) يصنع مع الحدود م ط زاوية سقوط ح ط م أكبر من الزاوية ن ط م وبذلك تكون زاوية الانعكاس م ط م المقابلة للشعاع ح ط أكبر من الزاوية ل ط م المقابلة للشعاع الساقط ن ط

ومن هنا يستنتج أن الشعاع المنعكس ط م لا يقابل المحور الاصلية للآلة الا اذا مد على استقامته من خلفها فاذا فرض أن نقطة ح هي النقطة التي يقابل فيها امتداد ذلك الشعاع امتداد المحور الاصلية فيشاهد من التجربة أن جميع الاشعة الاخر المنتشرة من النقطة ح غر جميع امتداداتها بعد أن تنعكس على سطح المرآة بالنقطة ح وتسمى أيضا النقطة ح بالبؤرة المرتبطة بالنقطة ح

وبما أن الاشعة المنعكسة لا تحققة بالقطعة ح فيري أنه لا يمكن تحقيق وجود تلك النقطة باستقبالها على حجاب الآلة اذا كانت عين شخص موجودة على سبيل الاشعة المنعكسة فهذه الاشعة تؤثر عليها كما اذا كانت آتية من نقطة ضوئية موجودة في ح فيري حينئذ نقطة منيرة في تلك النقطة والبؤرة ح تسمى في هذه الحالة بؤرة تقديرية وذلك لتمييزها عن البؤرات الاخر المسماة بالبؤرات الحقيقية التي سبق الكلام عليها وهي التي تنتج من تقاطع الاشعة المنعكسة نفسها أي الممكن استقبالها على حجاب

(في البورة المرتبطة لنقطة موجودة خارج المحور الاصلى)

اذا فرضت نقطة ضوئية ١ خارج المحور الاصلى لمرآة مقعرة فبرى من التجربة ايضا أن جميع



ش ٢٨

الاشعة التي تنشعب منها المتجمع بعد أن

تنعكس على سطح المرآة في نقطة واحدة

١ كما هو مبين في (شكل ٢٨) وتسمى

نقطة ٢ بالبورة المرتبطة لنقطة ١

وبما أن الشعاع الذي يسقط على سطح

المرآة من نقطة ١ تبعاً للاتجاه أم

ينعكس على اتجاهه فبرى أن البورة المرتبطة لنقطة موجودة خارج المحور الاصلى توجد على

الخط الواصل منها الى مركز المرآة ويسمى ذلك الخط بالمحور الثانوى للنقطة المذكورة

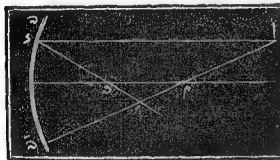
اذا تقرر ذلك يقال انه اذا اريد إيجاد البورة المرتبطة لنقطة موجودة خارج المحور الاصلى بطريقة

عملية يكفى اعتبار أحد الاشعة الساقطة من تلك النقطة على سطح المرآة ورسم الشعاع المنعكس

المقابل له فالنقطة التي يقابل فيها ذلك الشعاع المحور الثانوى للنقطة المعلومة تكون هي الصورة

المطلوبة

الأنه لاجل السهولة قد صار انتخاب شعاعين يمكن رسم اتجاههما جابعداً أن ينعكسا بغضاية من



ش ٢٩

السهولة فاذا اعتبر مثلاً الشعاع أ الذي المنتشر

من نقطة ١ موازاً للمحور الاصلى (شكل ٢٩)

فذلك الشعاع بعد أن ينعكس يميز بالبورة

الاصلية للمرآة ٢ فالنقطة أ التي يقابل

فيها الخط ٢ من المحور الثانوى للنقطة ١

تكون هي البورة المرتبطة للنقطة

المذكورة ويمكن ايضا اعتبار الشعاع ٣

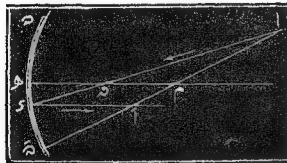
الساقط المار بالبورة الاصلية للمرآة

عوضاً عن الشعاع الموازى لمحورها فذلك

الشعاع ينعكس موازاً للمحور الاصلى للمرآة

ويقابل المحور الثانوى لنقطة أ في نقطة ١

تكون هي النقطة المطلوبة (شكل ٣٠)



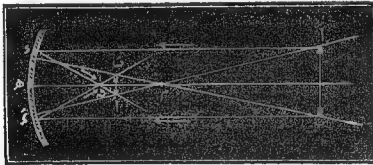
ش ٣٠

(تكوين صور المرئيات في المرايات المقعرة)

صورة أى مرئى هي مجموع البورات المرتبطة لنقطه ويمكن رسم صورة أى مرئى موضوع أمام مرآة مقعرة بقطر هندسية الأتسالا لاجل السهولة لا نعتبر هنا إلا الحالة البسيطة التى يكون فيها المرئى خطا مستقيما عموديا على المحور الاصلى للمرآة

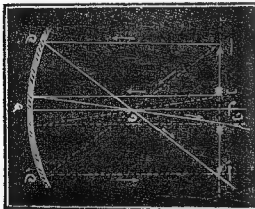
أولا - ليكن مستقيم منير أب (شكل ٣١) موضوعا أمام مرآة مقعرة فى جهة من مركزها مخالف للجهة التى فيها المرآة فلاجل إيجاد صورته يكفى إيجاد صورتى طرفيه أ و ب باحدى الطريقتين السابقتين وتكن الطريقة الاولى وكيفية ذلك أن يرسم من النقطتين أ و ب مستقيمان أ د و ب د موازيان للمحور الاصلى ثم يوصل من النقطتين د و د الى بورة المرآة فالنقطة ب التى يقابل فيها الخط د و المحور الثانوى لنقطة ب تكون البورة المرتبطة لتلك النقطة وكذلك النقطة أ تكون البورة المرتبطة لنقطة أ وبذلك يكون الخط أ ب هو صورة الخط أب وبالتأمل فى تلك الصورة يرى أنها حقيقية ومعاوية وأصغر من المرئى أب وموجودة بين مركز انحناء المرآة وبورتها الاصلية وإذا فرض أن المرئى أب يقرب من المركز فيشاهد أن صورته تقرب منه أيضا وتكبر

ش ٣١



ش ٣١

ثانيا - نفرض أن المرئى أب (شكل ٣٢) يوجد على المستقيم المرسوم من مركز انحناء

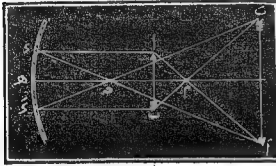


ش ٣٢

المرآة عموديا على محورها الاصلى فيرى عند ذلك ان المحور الثانوى لنقطة أ مثلا لا يقابل سطح المرآة ولذلك يلزم لإيجاد البورة المرتبطة لتلك النقطة رسم شعاعين ساقطين منها على سطح المرآة أحدهما موازيا لمحورها الاصلى والثانى مارا ببورتها فلاول يعر انعكاسه بالبورة الاصلية والثانى ينعكس موازيا للمحور الاصلى كذا ذلك

مبين في (شكل ٣٢) فالنقطة التي تابل فيها هذان الشعاعان المنعكسان تكون صورة النقطة أ وتوجد هـ نقطة ب بالطريقة عينها وبالتأمل في هذا الرسم يرى أن الصورة أ ب تكون حقيقية ومقلوبة ومساوية للرئي ومماثلة له بالنسبة لمحور الاصلى

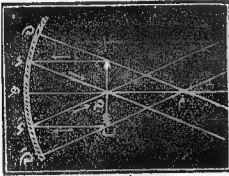
ثالثا - اذا كان المرئي أ ب موجودا بين مركز انحناء المرآة وبورتها يرى بتطبيق



ش ٣٣

الطريقة الرسمية التي استعملناها سابقا أن الصورة تكون خارج المركز وحقيقية ومقلوبة وأكبر من المرئي (شكل ٣٣) ويشاهد بسهولة أيضا أنه كلما قرب المرئي من بؤرة المرآة كبرت صورته وبعدت عن مركزها

رابعا - اذا كان المرئي أ ب مارا بالبؤرة الاصلية و (شكل ٣٤) فيرى عند استعمال الطريقة الرسمية الاولى ان المحور الثانوي للنقطة أ والشعاع المنعكس و لا يتقابلان وهو الواقع لانه بسبب صغر فتحة المرآة يكون



ش ٣٤

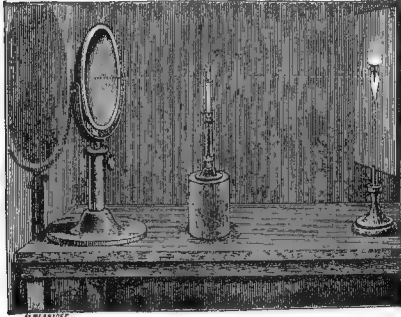
$$أ = و = م$$

وبذلك يكون الشكل الرباعي أ م و م متوازي أضلاع مما أن فيه الضلعين المتقابلين م و و أ و متساويان ومتوازيان ومن ذلك ينتج ان المستقيم و الذي يتقابل مع المستقيم أ م بعين البؤرة

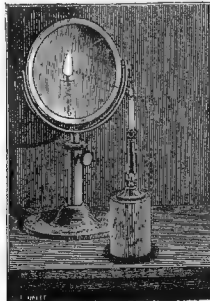
المرتبطة لنقطة أ لا يقابل ذلك الخط أمام المرآة ولا خلفها أعني أنه عند ما يكون مرئي مارا ببؤرة مرآة مقعرة وعموديا على محورها الاصلى فلا تتكون له صورة الا أنه يقال أحيانا ان الصورة تكون عند ذلك عظيمة جدا وعلى بعد غير نهائي من المرآة

خامسا - لنفرض أخيرا أن المرئي أ ب موجود بين المرآة وبورتها الاصلية (شكل ٣٥) فاذا رسم المحور الثانوي للنقطة أ والشعاع أ الذي ينتشر من هذه النقطة موازيا لمحور الاصلى ويتعكس تابعا للاتجاه و ب تكون شبه منحرف م أ و فيه الضلع أ أصغر من الضلع م و وذلك لانه أصغر من الخط و هـ المساوي الى م فينتج حينئذ من ذلك أنه اذا مد الخط و على استقامته أمام المرآة فإنه لا يقابل المحور الثانوي لنقطة أ الا أنه اذا مد كل من هذين الخطين خلفها فانهما يتقابلان في نقطة أ تكون هي البؤرة المرتبطة لنقطة أ

ثانيا - كلما قربت الشمعة من مركز المرآة تقرب صورتها منه أيضا وتكبر شيئا فشيئا الا أنها تبقى دائما أصغر من الشمعة ومقلوبة
 ثالثا - عندما تصير الشمعة في مستوى المركز تصير صورتها فيه أيضا مساوية لها
 رابعا - اذا حركت الشمعة من المركز الى البؤرة يشاهد أن صورتها تبعد عن المركز وتأخذ في الكبر وتبقى دائما مقلوبة (شكل ٣٧)
 خامسا - عندما تصل الشمعة الى البؤرة يرى عدم وجود صورة لها



سادسا - عندما تحرك الشمعة من البؤرة الى المرآة (شكل ٣٨) يرى أن صورتها تصير تقديرية وأكبر منها وتأخذ في الصغر كلما قربت الشمعة من المرآة

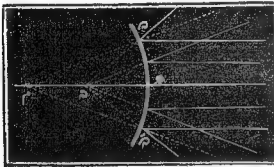


(في تعيين البعد البؤري لمرآة مقعرة)

لاجل ذلك تستقبل على المرآة المذكورة الاشعة الاتية من الشمس بحيث تكون هذه الاشعة موازية لمحورها الاصلي ثم يؤخذ حجاب صغير ويحرك على المحور المذكور الى أن تصير صورة الشمس عليه مضبوطة فعند ذلك يكون بعده عن المرآة يساوي البعد البؤري المطلوب ايجاده

(في المرايات المحدبة)

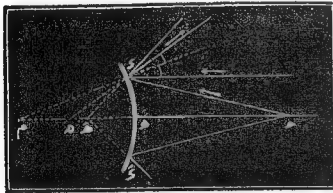
ان النتائج التي يتحصل عليها عند استعمال المرايات المحدبة مخالفة بالكلية لنتائج المرايات المقعرة فاذا استقبلت حزمة من الاشعة المتوازية على مرآة محدبة بحيث تكون موازية لمحورها الاصلي فانها عوضا عن أن تمر بنقطة واحدة بعد أن تنعكس تتفرق بحيث ان امتداداتها هي



ش ٣٩

التي تمر بنقطة واحدة موجودة خلف المرآة على محورها الاصلي وفي منتصف نصف قطرها انحنائها هم كما هو مبين في (شكل ٣٩) ومن ذلك يرى ان المرايات المحدبة بؤرة اصلية كالمرايات المقعرة الا ان البؤرة المذكورة تكون تقديرية

واذا أخذت نقطة ضوئية α على المحور الاصلي لمرآة محدبة فيسأله من التجربة والرسم المبين



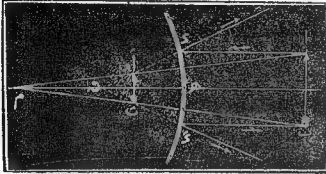
ش ٤٠

في (شكل ٤٠) ان صورة النقطة المذكورة تكون تقديرية وموجودة بين المرآة وبؤرتها الاصلية وكذا اذا أخذت نقطة منبعرة خارج المحور الاصلي تتكون لها صورة تقديرية خارج المحور الاصلي وموجودة

على المستقيم الواصل من النقطة المنيرة الى مركز انحناء المرآة وذلك الخط يسمى بالمحور الثانوي للنقطة

(تكوين صور المرايات في المرايات المحدبة)

إذا فرض مستقيم AB موجوداً أمام مرآة محدبة فيمكننا إيجاد صورته عملاً بإيجاد صورتي



س ٤١

طرفيه A و B بالطريقة التي اتبعناها في المرايات المقعرة كما هو مبين في (شكل ٤١) ويرى من الشكل المذكور أن المرايات المحدبة تكون دائماً صوراً تقديرية ومستقيمة ومصغرة للمرايات التي

توضع أمامها ويمكن أن يرى بغاية من السهولة أيضاً أنه كلما بعد مرآة عن مرآة محدبة فإن صورته تقرب من بورتها وتصغر

الباب الرابع

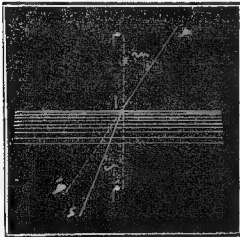
(في انكسار الضوء)

الفصل الأول

(في مرور الأشعة من وسط إلى آخر مفصول عنه بسطح مستوي)

(في إثبات حصول الانكسار)

قد أعطى اسم انكسار للتغير الذي يحصل في اتجاه الأشعة الضوئية عند ملامستها بانحراف من وسط

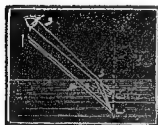


س ٤٢

شفاف إلى وسط آخر شفاف مختلفي الكثافة فإذا فرض مثلثان شعاعاً ABC (شكل ٤٢) قابل بانحراف سطح الماء فإنه يدخل في باطنه وعوضاً عن أن يستمر على الاتجاه في اتجاهه الأصلي AC يأخذ اتجاهًا آخر AD وقد سمي الشعاع AD بالشعاع المنكسر والزاوية BCD بزواوية السقوط والزاوية ADC بزواوية الانكسار

وثبتت ظاهرة الانكسار بالتجربتين الآتيتين

أولاً - إذا غمر جزء من عصا AB في الماء بانحراف فإنها تظهر منكسرة في نقطة الانغماس كما هو مبين في (شكل ٤٣) وذلك ثبت أن الأشعة التي تؤثر على العين



ش ٤٣

الموجودة في $و$ تأثيراً به ترى نقطة $ب$ في الوضع $ب$ لا تسير على خطوط مستقيمة بل أنها ترتفع أولاً في الماء تابعة للاتجاه $ب د$ ثم انما تنكسر عندما تخرج منه وتبصر اتجاهها آخر $د و$ وتؤثر حينئذ على العين كما إذا كانت آتية من نقطة $ب$ موجودة على اتجاهاتها

ثانياً - إذا وضع انسان قرصاً معدنياً $ن$ (شكل ٤٤) في اناء جدره معتمة ثم تباعد عنه شيئاً



ش ٤٤

فشيئاً إلى أن تمنع حافته رؤية القرص وصب في الاناء ماء شاهداً ارتفاع القرص مع قاع الاناء كلما ارتفع سطح الماء حتى يرى القرص بقامه مع أنه قارب من محله وماذا لم ينجح الا من انكسار الأشعة المرتفعة من القرص في الماء عند ما تخرج من ذلك السائل كما رأينا ذلك في التجربة السابقة

تنبيه - عند ما تمر الأشعة الضوئية من وسط إلى آخر فإذا كان الوسط الثاني أكثر كثافة من الوسط الاول فإن الشعاع المنكسر يقرب على العموم من العمود ويكون دائماً في المستوى المار به والشعاع الساقط

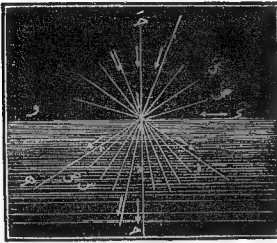
أما إذا كان الوسط الثاني أقل كثافة من الوسط الاول فإن الشعاع المنكسر يبعد عن العمود ويكون أيضاً في المستوى المار به والشعاع الساقط

وإذا كان الشعاع المار من وسط إلى آخر عمودياً على سطح انفصالهما فإنه لا ينكسر

(في زاوية الحد والانعكاس الكلي)

يوجد ارتباط قوي بين زاوية السقوط وزاوية الانكسار حتى أنه لو كبرت احداهما بمقدار محدود تكبر الثانية تبعاً لها بمقدار محدود أيضاً وبالعكس . إذا قرر ذلك يقال أنه لو فرض شعاع $ا$ مار من الماء إلى الهواء (شكل ٤٥) فإنه عندما يخرج من ذلك السائل يبعد عن العمود $ح$ أولاً حتى في الهواء اتجاهها آخر $ا$ بحيث تكون الزاوية $ح$ أكبر من الزاوية $ا$ ثم

وإذا فرض شعاع آخر صه أ صانعاً مع العمود زاوية صه أ أكبر من الزاوية صه أ



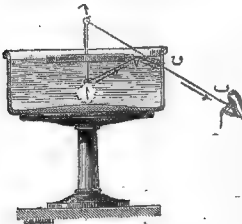
ش ٤٥

فإنه عندما يخرج من الماء يبعد عن العمود أيضاً ويصنع معه زاوية صه أ أكبر من الزاوية صه أ أعني أنه لو فرض أن زاوية السقوط آخذة في التزايد شيئاً فزاوية الانكسار تأخذ في التزايد تبعاً لها وتكون على الدوام أكبر منها وبناء على ذلك يرى أنه أثناء ذلك التزايد لا بد أن يأخذ الشعاع الساقط وضعاً هـ أ تكون فيه زاوية الانكسار مساوية إلى ٩٠ أي يكون

فيه الشعاع المنكسر مماساً لسطح الماء فزاوية السقوط هـ أ تسمى عند ذلك زاوية الحد وقد ظهر من التجربة أنه إذا زاد زاوية السقوط عن زاوية الحد فالشعاع الساقط لا يخرج من الماء بل ينعكس على سطحه كما ينعكس على سطح مرآة مستوية ويسمى ذلك الانعكاس بالانعكاس الكلي ومقدار زاوية الحد يختلف باختلاف الأوساط التي تنفذ منها الأشعة الضوئية فقد أرها يساوي ٤٨ إذا اعتبر الماء والهواء و ٤٢ إذا اعتبر الزجاج والهواء

(في ذكر تجربة بسيطة مؤسسة على الانعكاس الكلي)

يوضع مقدار من الماء في حوض من الزجاج و ثم يوضع على سطح ذلك السائل قرص مستدير من الفلين قطره يساوي ٦ سنتيمترات تقريباً ومثبت فيه من أسفل دبوس طوله يساوي



ش ٤٦

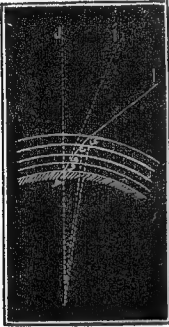
سنتيمتر (شكل ٤٦) فيسبب هذه الأبعاد جميع الأشعة التي تنشئ من أي نقطة من نقط الدبوس وتقابل سطح السائل بعيداً عن القرص تكون مع الأعمدة المقامة من نقط سقوطها زوايا أكبر من زاوية الحد ويحصل فيها حينئذ الانعكاس الكلي وفي الواقع أنه إذا نظر إلى الدبوس من أي نقطة فوق سطح السائل لا يمكن رؤيته أما إذا نظر من أسفل ذلك السطح فوضع العين في نقطة

كالنقطة ب مثلاً فيرى صورة الدبوس خارج الماء ومماثلة له بالنسبة لسطح الانفصال

(في نتائج الانكسار)

أن نتائج انكسار الأشعة الضوئية عديدة ولنذكر أهمها فنقول
أولاً - أخذ الأشياء عندما ينظر إليها بأشرف وهي موجودة في سائل شفاف كالماء وضعا
مخالفاً للوجود فيه وقد سبق الكلام على ذلك

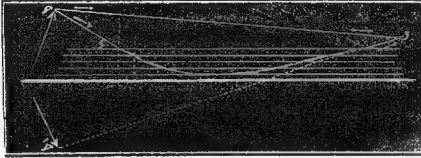
ثانياً - تأثير ظاهرة الانكسار على الأشعة الآتية النيامن الكواكب فإنه يحصل فيها
أثناء مرورها في الجو بجهة انكسارات تكون نتيجة رؤية
الكواكب أكثر ارتفاعاً مما هي في الحقيقة وذلك لأن الجوى
مكون من جملته طبقات مركزية آخذة كثافتها في الازدياد من
جزئه العلوى الى الارض فينتج من ذلك ان الأشعة الضوئية
التي تنفذ من الجوى يحصل في كل منها انكسارات تكون نتيجة
تقرينية من العود فإذا فرض مثلاً شعاع ضوئى وصل الى
ابتداء الجوى فى الاتجاه ا د (شكل ٤٧) فإنه عوضاً عن أن
يستمر على الانتشار فى اتجاهه يرم خطاً منكسراً د ب ه و
فاذا كان حينئذ مبصر فى نقطة ح فإن عينه ترى الكوكب
على اتجاه الأشعة التي تسقط عليها أى فى وضع أ أكثر
ارتفاعاً مما هو فيه



س ٤٧

ثالثاً - السراب وهو ظاهرة بصرية تحصل في البلاد الحارة وبها ترى للريبات البعيدة صعود
منقلبة تكون غالباً تحت الارض وهذه الظاهرة كثيراً ما تشاهد في قفار الديار المصرية أيام الحر
إذا كان الجو صافياً والهواء ساكناً فينتجاً للناظر من بعد أن أمامه بركة متسعة فيها صور منقلبة
للريبات التي على حافتها وأول من وضع هذه الظاهرة هو موشج الطبيعى وسيبها أنه إذا اشتدت
سخونة الرمل من حر الشمس سخنت الطبقة السفلى من الهواء التي تلى الارض ثم تسخن هذه
الطبقة الطبقة التالية لها وهكذا بحيث أنه إذا كان الهواء ساكناً ستكون جملته طبقات متتالية
آخذة كثافتها في التزايد شيئاً فشيئاً ابتداء من الارض لحد معين فينتج من ذلك أنه إذا فرضت عين
راصد في الوضع و (شكل ٤٨) وفرض أن ح هي قمة جسم مرتفع و د أحد الأشعة
الآتية بأشرف من تلك النقطة الى سطح الارض فعند ما يحترق الشعاع المذكور الطبقات
الهوائية المتتالية التي سبق الكلام عليها يحدث فيه عدة انكسارات تكون نتيجة ابتعاد عن
العود في كل منها وينتهى أخيراً بأن يصل طبقة بحيث تكون زاوية سقوطه أكبر من زاوية

الحدة فينعكس الشعاع المذكور على هذه الطبقة كما ينعكس على سطح مرآة مستوية فإذا وقع حينئذ على عين المبرر الموجودة في و بعد أن يحصل فيه ذلك الانعكاس فيؤثر عليها كما إذا كان آيامن نقطة ح موجودة على اتجاهه

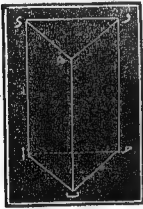


س ٤٨

والسبب المثل لرؤية السمرا بآون الماء هو لون السماء المنعكس على سطح الطبقة المذكورة

(المنشور)

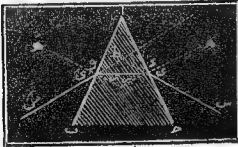
المنشور عبارة عن وسط شفاف محدود بسطحين مستويين مائل أحدهما على الثاني ويعطى له عادة شكل الجسم المسمى في علم الهندسة بالمنشور الثلاثي كما ذلك مبين في (شكل ٤٩) فالزاوية الزوجية هـ ب المكونة من السطحين المحددين للمنشور تسمى زاوية انكساره والخط هـ الذي يتقاطع فيه هذان الوجهان يسمى قوسه والسطح المستوي المقابل لذلك الخط يسمى قاعدته وكل قطاع كالقطاع أ ب ح عمودي على قوس المنشور يسمى قطاعا رئيسيا له



س ٤٩

(تأثير المنشور على الأشعة التي تنفذ منه)

إذا فرض أن سـ د شعاع ساقط (شكل ٥٠) على المنشور في مستوى القطاع الرئيس أ ب ح فتنفذ من هذا الشعاع من الهواء في المنشور فإنه يقرب من العمود د هـ ويكتسب اتجاهها د و ومتى وصل الشعاع المذكور إلى نقطة و فإنه يبرز من المنشور ويبعد عن العمود و هـ يمكنه اتجاهها و سـ ومن ذلك يرى أن خاصية المنشور



س ٥٠

هي ازاغة الاشعة التي تخترقه نحو قاعدته وبذلك يريخ المرئيات نحو قاعدته وفي الواقع انه اذا فرض أن سر نقطة ضوئية و سر عين مبصر فانها ترى نقطة سر على اتجاه الاشعة التي تسقط عليها أى على الاتجاه سر و

(زاوية الزوغان وتعيين مقدارها)

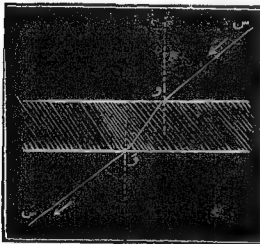
زاوية الزوغان هي الزاوية ط (شكل ٥٠) المكوّنة من اتجاه الشعاع الساقط واتجاه الشعاع البازغ أى هي الزاوية التي يريخ بها الشعاع الساقط وتعيين مقدار الزاوية المذكورة لانه

$$\text{ط} = \text{ى} - \text{ى} + \text{ى} - \text{ى} \quad \text{أو}$$

$$\text{ط} = \text{ى} + \text{ى} - (\text{ى} + \text{ى}) = \text{ى} + \text{ى} - \text{ى} - \text{ى}$$

أى انه يتحصل على زاوية الزوغان بضم زاوية السقوط ى الى زاوية البزوغ ى وطرح زاوية القمة من الحاصل

(مرور الاشعة الضوئية من جسم شفاف محدود بوجهين مستويين ومتوازيين)



٥١ س

عندما تخترق الاشعة الضوئية بانحراف وسطا محدودا بوجهين مستويين ومتوازيين فان اتجاه الشعاع البازغ سر و يكون موازيا الى اتجاه الشعاع الساقط سر و الا انه لا يكون على استقامة (شكل ٥١) ولا يكون انتقال الشعاع البازغ عن اتجاهه الاصلى محسوسا الا اذا كان الوسط نقينا أو الاشعة الساقطة مائل جدا على سطح السقوط

الفصل الثانى

(فى العدسات)

(تعريفات)

العدسات هى أواسط شفافة تصنع عادة من الزجاج وكل منها محدود بسطحين كرويين أو بسطح كروى و سطح مستوى ويعرف من العدسات نوعان العدسات اللامعة والعدسات المفرقة فالعدسات اللامعة المسماة أيضا بالعدسات الرقيقة الحافة لان حافتها تكون دائما أرق من جزئها المركزى هى التى تلم الاشعة المتوازية التى تسقط عليها أما العدسات المفرقة المسماة أيضا بالعدسات الخفيفة الحافة لان حافتها تكون دائما أثخن من جزئها المركزى فهى التى تفرق الاشعة المتوازية التى تسقط عليها



ش ٥٢

ويعرف من العدسات اللامعة ثلاثة مبينة فى (شكل ٥٢) وهى العدسة المحدبة الوجهين ب والعدسة المسطحة المحدبة ب' والعدسة المحدبة المقعرة ب'' التى فيها نصف قطر كرة التقعير أكبر من نصف قطر كرة التحديق



ش ٥٣

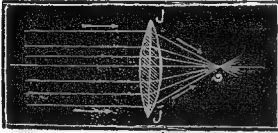
ويعرف من العدسات المفرقة ثلاثة أنواع أيضا مبينة فى (شكل ٥٣) وهى العدسة المقعرة الوجهين ح' والعدسة المسطحة المقعرة ح' والعدسة المقعرة المحدبة ح'' التى فيها نصف قطر كرة التقعير أكبر من نصف قطر كرة التحديق

(تعريف المحور الاصلى)

المحور الاصلى لعدسة هو الخط المار بمركزى وجهيهما الكرويين وإذا كان أحدهما من الوجهين مستويا فالمحور الاصلى يكون عبارة عن العمود النازل من مركز انحناء وجهها الكروى على وجهها المستوى

(في العدسات اللامة وبورتها الاصلية)

اذا استقبلت حزمة من الاشعة المتوازية وتسكن الاتية اليها من نجمة مثلا على عدسة لامة

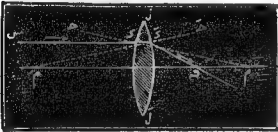


ش ٥٤

ل (شكل ٥٤) بحيث تكون موازية لمحورها الاصلى فيشاهد بالتجربة انها بعد أن تنفذ منها تخرج جميعها بنقطة واحدة و موجودة على المحور الاصلى وقد سميت تلك النقطة بالبورة الاصلية

للعنسة وبعدها عنها بالبعد البورى لتلك العدسة وقد شوهد بالتجربة ان البعد البورى لعدسة يبقى واحدا اذا استقبلت الاشعة المتوازية على أحد وجهيها أو على الوجه الآخر .

ويمكن بيان تأثير العدسات اللامة على الاشعة المتوازية التى تحترقها بطريقتين سهلت وهى أن يقال . ليكن ل (شكل ٥٥) قطاع



ش ٥٥

عدسة محدبة الوجهين بمستومار بمحورها الاصلى م م' و يمر شعاع ساقط عليها في اتجاه مواز الى محورها فهذا الشعاع ينكسر عند دخوله

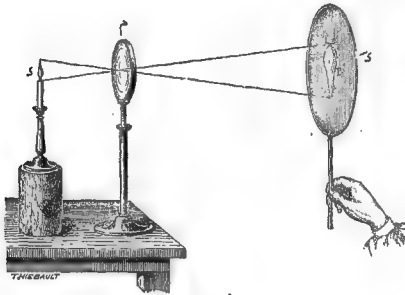
في العدسة و يأخذ اتجاهها د ك أقرب من العمود المار بنقطة السقوط أى من نصف القطر م م' عن الشعاع الساقط س د وعند خروج الشعاع المذكور من العدسة ينكسر مرة ثانية ويبعد عن العمود المار بنقطة د ك وهو نصف القطر م م' د ك

وبالتأمل في الشكل يرى ان نتيجة هذين الانكسارين هى تقرب الشعاع الضوئى س د من المحور الاصلى وبما أن ذلك الشعاع كان موازيا للمحور المذكور فيكون الشعاع البارز د ك غير مواز له ويقابله حينئذ في نقطة ن موجودة في جهة من العدسة مخالفة للجهة الاتية منها الشعاع الساقط وقد أثبت الطبيعيون اثباتا رياضيا ان كل شعاع ساقط على العدسة بالتوازي لمحورها الاصلى يمر بمزهما كانت نقطة سقوطه بعد أن يبرز منها بالنقطة ن الاتية كنحنى هنا بالتجربة السالفة التى أثبتت لتلك ايضا

تبينه - فقدرضنا في (شكل ٥٤) لسهولة الرسم ان كل شعاع ساقط على العدسة عوضا عن ان يحصل فيه انكساران متتاليان أحدهما وهو داخل فيها والثانى وهو خارج منها لا يحصل فيه الا انكسار واحد وهو في النقطة التى يقابل فيها المستوى المار بمحورها وبفرض ذلك أيضا في جميع ما سياتى لاجل السهولة

(في البورات المرتبطة للنقط المختلفة من مرئي)

اذا وضعنا على المحور الاصلي لعدسة لامة م وعلى بعد منها أكبر من بعدها البوري جسماً مضيئاً كشعلة متقدة (شكل ٥٦) وبحيث في الجهة الأخرى من العدسة بكيفية مشابهة للتي استعملناها عند التكلم على المرايات المقعرة عن النقطة التي اذا وضع فيها حجاب س تكون فيها اضاءة الجزء المضاء منه أعظم ما يمكن يشاهد أن الجزء المذكور عبارة عن صورة مقلبة



ش ٥٦

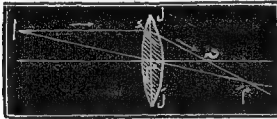
للمشعة فيستنتج حينئذ من هذه التجربة ان كل نقطة من نقط المرئي يقابلها بورة مرتبطة تمر بها جميع الاشعة المنتشرة من تلك النقطة بعد أن تخترق العدسة كما أن كل نقطة من نقط مرئي موضوع امام مرآة مقعرة يقابلها بورة مرتبطة تمر بها جميع الاشعة المنتشرة من تلك النقطة بعد أن تنعكس على سطح المرآة ويظهر من التجربة السابقة أيضاً ان عظم الصورة التي تتكون وبعدها عن العدسة يتغيران مع تغير وضع الجسم المضيء س بالنسبة للعدسة الا أننا قبل التكلم على الاحوال المختلفة التي تكون فيها هذه الصورة يلزمنا أن نتكلم على ما يسمى بالمركز البصري لعدسة وما يسمى بالمحور الثانوي لنقطة

(في المركز البصري والمحور الثانوي)

يوجد في كل عدسة كروية نقطة تسمى بمركزها البصري ومتمتعة بالخاصية الآتية وهي لكل شعاع ضوئي مار بالمركز البصري لعدسة يخرج منها بدون أن ينحرف

والمركز البصري لعدسة يوجد على محورها الاصلى وفي باطنها فخلاداً كان وجه العدسة متساويين فيكون مركزها البصري على محورها الاصلى وعلى بعدين متساويين من وجهيها ويمكن اثبات خاصية المركز البصري بطريقة هندسية الاثباتة تقصر هنا على بيان كيفية استعماله التحصل على البورة المرتبطة لنقطة موجودة خارج المحور الاصلى بطريقة هندسية وكيفية ذلك أن يقال

اذا فرضت نقطة ضوئية α خارج المحور الاصلى لعدسة لامة ل (شكل ٥٧) ووصل

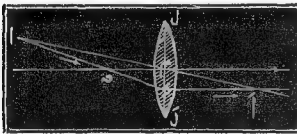


ش ٥٧

منها الى مركزها البصري م يانخط α فذلك الخط يسمى بالمحور الثانوى للنقطة α فيناء على ما تقدم يرى ان الشعاع الضوى الذى يتشع من النقطة α تابعاً للاتجاه α م يحترق العدسة بدون أن يعرف

وبذلك تكون البورة المرتبطة للنقطة α موجودة عليه فيكفى حينئذ لايجاد البورة المذكورة رسم السير الذى يتبعه شعاع آخر منتشر من النقطة المضيئة ولكن لأجل السهولة الشعاع α الموازى لمحورها الاصلى فذلك الشعاع بعد أن يحترق العدسة يمر ببورتها الاصلية ن والنقطة م الذى يقابل فيها الخط α والمحور الثانوى للنقطة α تكون هى البورة المرتبطة للنقطة المذكورة

ويمكن أيضاً اعتبار الشعاع α (شكل ٥٨) المار بالبورة الاصلية ن عوضاً عن الشعاع



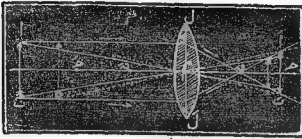
ش ٥٨

الموازى للمحور الاصلى فهذا الشعاع يخرج من العدسة موازياً لمحورها الاصلى ويقابل المحور الثانوى لنقطة α فى نقطة α تكون هى البورة المطلوبة

(فى وضع وعظم الصور المكونة بالعدسات اللامة)

يكفى تطبيق أحد الرهين السابقين لتعيين وضع وعظم صورة مرئى موضوع فى أى وضع كان أمام عدسة لامة فيرى عند ذلك ان النتائج هى عين التى صار التحصل عليها عند استعمال المرايات المقعرة ولتبيين ذلك نقول

أولاً - ليكن أب (شكل ٥٩) مرئياً موضوعاً على بعد من عدسة لامة للأكبر من



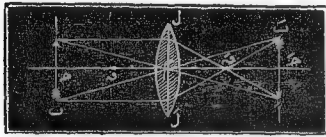
٥٩ س

ضعف بعدها البورى و ب و ب و ب
بورى هذه العدسة و و و و
نقطتين توجد كل منهما على المحور
الاصلى للعدسة وعلى بعد منها

يساوى ضعف بعدها البورى

فتعين البورتين أ و ب للنقطتين أ و ب بتطبيق أحد الرسمين السابقين كذلك
مبين في الشكل يكون الخط أ ب هو صورة الخط أ ب وبالتأمل في هذه الصورة يشاهد
أنها حقيقية ومقاوبة وأصغر من المرئ وموجودة بين النقطتين ب و و وإذا فرض أن
المرئ يقرب من ب فيشاهد أن صورته تقرب من ب وتكبر كذلك مبين في الشكل

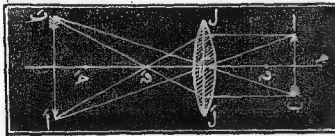
ثانياً - إذا كان المرئ موجوداً على بعد من العدسة يساوى ضعف بعدها البورى فبتطبيق



٦٠ س

الرسم السابق كذلك مبين في
(شكل ٦٠) يرى أن الصورة
حقيقية ومقاوبة ومساوية للمرئ
وموجودة على بعد من العدسة
يساوى بعد المرئ عنها

ثالثاً - إذا كان المرئ أب موجوداً بين نقطتي ب و ب فيرى بتطبيق الرسم أيضاً

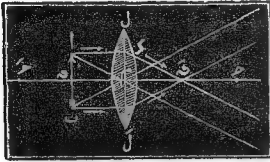


٦١ س

(شكل ٦١) أن صورته تكون
خارج النقطة ب وحقيقية
ومقاوبة وأكبر من المرئ
ويشاهد بسهولة أيضاً أنه كلما
قرب المرئ من برة المرآة كبرت
صورته وبعدت عن مركزها

رابعاً - إذا كان المرئ أب (شكل ٦٢) ماراً بالبورة فيرى عند استعمال الطريقة
الرسمية الأولى أن المحور الثانوى لنقطة أ والشعاع البارز ب لا يتقابلان وذلك لأن
أ ب = ب ب = م م وبذلك يكون الشكل الرباعى أ ب م ب متوازى الاضلاع بما أن فيه
الضلعان المتقابلان م م و أ ب متوازيين ومتساويين ومن ذلك ينتج أن المستقيم ب ب

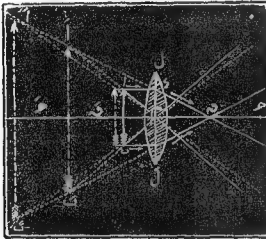
الذي يتقابل مع المستقيم أ م يعين البؤرة المرتبطة لنقطة أ لا يقابل ذلك الخط أمام العدسة ولا خلفها أغنى أنه عند ما يكون



س ٦٢

من في ما رايبؤرة عدسة لامة وعموديا على محورها الاصلي فلا تتكون له صورة الا أنه يقال أحيانا ان الصورة تكون عند ذلك عظيمة جدا وعلى بعد غير نهائي من العدسة

خامسا - لنفرض أخيرا أن المرئي أ ب موجودا بين العدسة وبؤرتها الاصلية (شكل ٦٣) فإذا رسم المحور الثانوي لنقطة أ والشماع أ د الذي يتشعب من هذه النقطة موازيا للمحور الاصلي للعدسة ويزغ منها تابعا للاتجاه د ن يشكون شبه منحرف د م أ فيه الضلع



س ٦٣

أ د أصغر من الضلع م ن ومن ذلك يرى أن امتداد الشعاع البازغ د ن والمحور الثانوي يتقابلان في نقطة أ موجودة في الجهة التي فيها المرئي أ ب من العدسة وأبعد من ذلك المرئي عن العدسة المذكورة فينتج من ذلك حينئذ أن الأشعة المنتشرة من نقطة أ تكون بعد أن تيزغ من العدسة حزمة مفرطة فإذا قابلت هذه الحزمة

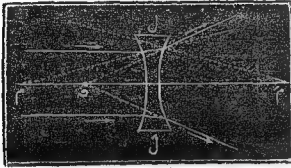
عين شخص تخيل له أنها آتية من أ وبالكيفية عينها توجد البؤرة المرتبطة ب للنقطة ب ويكون حينئذ الخط أ ب هو صورة الخط أ ب وبالتأمل يرى أن الصورة أ ب أكبر من المرئي أ ب ومستقيمة وتقديرية أي أنه لا يمكن استقبالها على حجاب ولا يمكن رؤيتها إلا إذا كانت عين الراصد موجودة على اتجاه الحزم المفرطة التي تيزغ من العدسة

(في تعيين البعد البؤري للعدسة لامة)

لأجل ذلك نستقبل على العدسة المذكورة الأشعة الآتية من الشمس بحيث تكون موازية لمحورها الاصلي ثم يؤخذ حجاب صغير ويحرك على المحور المذكور من الجهة الأخرى من العدسة إلى أن تصبح صورة الشمس عليه مضبوطة فعند ذلك يكون بعده عن العدسة يساوي البعد البؤري المطلوب إيجاد

(في العدسات المفرقة)

ان النتائج التي تحصل عليها عند استعمال العدسات المفرقة مخالفة كلية لنتائج العدسات اللامة فاذا استقبلت حزمة من الاشعة المتوازية على عدسة مفرقة بحيث تكون متوازية



ش ٦٤

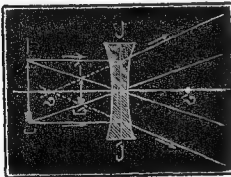
لهورها الاصلى (شكل ٦٤) فيشاهد أنهم اعوضا عن أن تمر بنقطة واحدة بهمد أن تحترق العدسة تتفرق بحيث ان امتداداتها هي التي تمر بنقطة واحدة و موجودة في الجهة الآتية منها الاشعة المتوازية بالنسبة للعدسة

فاذا وجدت العين على سيرا الاشعة المتفرقة المذكورة تخيل لها وجود نقطة ضوئية في و ومن ذلك يرى أن للعدسات المفرقة بؤرة أصلية كالعدسات اللامة الا أن البؤرة المذكورة تكون تقديرية

تنبينه - يمكن معرفة تأثير العدسات المفرقة على الاشعة المتوازية التي تحترقها بطريقة مشابهة لتاثير استعمالها عند التكلم على العدسات اللامة

(في تكوين صور المرئيات في العدسات المفرقة)

اذا وضع مرئى امام عدسة مفرقة فيشاهد أنه مهما كان وضعه بالنسبة لتلك العدسة لا يكون الا صورة تقديرية ويمكن ايجاد وضع صورة أى مرئى اب موضوع امام عدسة مفرقة لـ



ش ٦٥

(شكل ٦٥) بكيفية مشابهة لتاثير استعمالها للحصول على صورة مرئى موضوع امام عدسة لامة وكيفية ذلك أن تبين صورنا بطريقة ا و ب يرسم شعاعين من كل منهما أحدهما مواز لل محور الاصلى للعدسة والثاني مار بمركزها البصرى فالنقطتان أ و ب التان تتقابل فيهما امتدادات الاشعة البازغة يكونان صورى للنقطتين ا و ب

ويكون حينئذ الخط ا ب هو صورة الخط ا ب وبالتأمل في هذه الصورة يرى أنها مستقيمة وتقديرية وأصغر من المرئى

الباب الخامس (في انحلال الضوء)

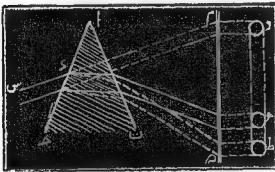
الفصل الاول (في تحليل الضوء وتركيبه)

(في تحليل ضوء الشمس والطيف الشمسي)

اذا سقطت حزمة رقيقة من الاشعة الشمسية على منشور فحصل فيها زيادة على الزوغان الذي سبق الكلام عليه ففرطح وتلون والدليل على ذلك أنه اذا استقبلت الحزمة البازغة من المنشور على حجاب فيشاهد أنها تكون عليه صورة مستطيلة ومكونة من ألوان مختلفة أطرافها المختلطة ببعضها بحيث انه يصعب على الانسان تحديد النقطة التي ينتهي فيها أحدها ويتبدى الآخر ومع ذلك فإنه يميز من الألوان المذكورة سبعة أصلية مرتبة كما هو ات البنفسجي والنبلي والازرق والاخضر والاصفر والبرتقاني والاحمر

والبنفسجي هو الذي يكون أكثرها زوغاناً وأما الاحمر فهو الذي يكون أقلها زوغاناً

وقد سميت هذه الصورة الملوثة بالطيف الشمسي ولأجل توضيح كيفية تكوين الطيف

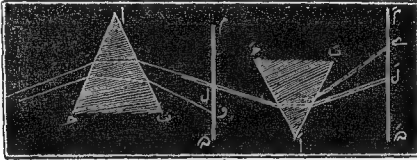


س ٦٦

الشمسي ذكر (نيوتون) أن الضوء الابيض الاتي اليئامن الشمس ليس بسيطاً بل مكوناً من جملة ألوان قابليتها للانكسار مختلفة بالنسبة لوسط واحد كالزجاج وتنفصل حينئذ عن بعضها عند ما تمر في ذلك الوسط بما أنه يكسرهم بقادر مختلفة

(شكل ٦٦) بين تحليل حزمة أسطوانية من الاشعة الشمسية سرى بواسطة منشور قطاعه اب ح فإذا كان المنشور غير موجود تكون على الحجاب م دائرة مضيئة في و أما اذا كان موجوداً فنكسر هذه الحزمة وتتحلل ويتكون الطيف في هـ ط وقد عمل (نيوتون) جملة تجارب أثبت بها أن ألوان الطيف تنكسر بقادر مختلفة بواسطة مادة واحدة وكل منها لون بسيط أي لا يمكن تحليله وتولده منه طيف آخر ولتذكر أهم هذه التجارب وأبسطها وهي أن يستقبل

الطيف على حجاب موجود فيه فتحة صغيرة ل تمر منها جلة أشعة من نوع واحد فإذا انفذت تلك الأشعة من خلال منشور ثان $أ ب ح$ (شكل ٦٧) فيشاهد فيها زوغان فقط بدون انحلال

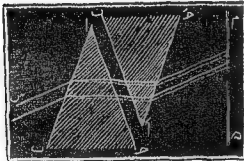


٦٧ من

فإذا فرض أن الأشعة التي مرّت جراً تكونت على الحجاب $م د$ نقطة جراً في $ل$ وإذا أدير المنشور $أ ب ح$ حول محوره إلى أن تأخذ الأشعة الانعكاسية اتجاه الأشعة الجراء تكونت نقطة انعكاسية أيضاً على الحجاب $م د$ إلا أنها تكونت في $ل$ وذلك يثبت أن الأشعة الانعكاسية تنكسر بواسطة المنشور أكثر من الأشعة الجراء وإن كلا من هذين اللونين لون بسيط

(في عود تركيب الضوء)

قد فعل (نيوتون) لتتيم نظريته السابقة جلة تجارب كون بواسطتها اللون الأبيض يضم ألوان الطيف إلى بعضها ولتذكر أنهم هذه التجارب وهي أن يستقبل الطيف المتكون بواسطة منشور $أ ب ح$ على منشور آخر $أ ب ح$ مساو له في زاوية القمة وموضوع بالقرب منه وفي وضع مخالف لوضعه بحيث يكون وجهاهما القريبان متوازيين كذلك ممين في (شكل ٦٨)



٦٨ من

ثم تستقبل الحزمة البازغة من ذلك المنشور على حجاب $م د$ فيشاهد أنها تكون عليه صورة بيضاء وذلك لأن المنشور الثاني يصير الحزمة الجراء التي تبرز من المنشور الأول موازية إلى الحزمة الانعكاسية التي تبرز منه أيضاً وينطبق معظم الحزمة الأولى على معظم الحزمة الثانية

وكذا على الحزم المكوّنة من الألوان الأخر الموجودة بين هاتين الحزمتين فأنطبق هذه الألوان هو الذي يولد الصورة البيضاء ويرى تلون خفيف في الحافتين العليا والسفلى من هذه الصورة لأن الأشعة النهائية لا تنطبق كلية على الأشعة المجاورة لها.

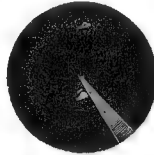
(في قرص نيوتون)

ويمكن البرهنة أيضا بأنه إذا أثرت جميع ألوان الطيف على العين في آن واحد نتج عنها ألوان أبيض باستعمال قرص تخيله (نيوتون) وسماه باسمه ولأجل فهم القاعدة المؤسسة عليها هذه التجربة يؤخذ قرص أسود من ورق المقوى \propto ملصوق على قطاع منه قطعة من الورق الأحمر \propto (شكل ٦٩) فإذا أدير ذلك القرص بسرعة بواسطة يد مثبتة في جزئه المركزي ظهر لنا جميع سطحه أخضر وذلك ناتج من كون تأثير قطعة الورق الحمراء على عيننا وهي في كل وضع من أوضاعها يبقى مدة من الزمن بعد أن تنتقل منه بحيث لا تتركها أثناء دوران القرص شاغلة لجميع أوضاعها المتتالية في آن واحد

وإذا كانت قطعة الورق زرقاء ظهر لنا جميع القرص أزرق وقرص (نيوتون) عبارة عن قرص كالسابق (شكل ٧٠) ملصوق عليه قطاعات من ورق متلون كل منها بألوان من ألوان الطيف ومرتبة على حسب ترتيب ألوانه



ش ٧٠



ش ٦٩

فبناء على ما ذكر في التجربة السابقة يرى أنه إذا أدير ذلك القرص بسرعة ظهر أنه ملون بجميع الألوان الموجودة عليه في آن واحد وحيث أنه عند دورانه يظهر للعين أن سطحه أبيض فذلك يدل على أن تأثير جميع ألوان الطيف على العين في آن واحد يولد ألواناً أبيض

(في الألوان الممتدة لبعضها)

يقال إن لونين ممتين لبعضهما إذا كانا متطابقهما يولدان لوناً أبيض فمثلاً إذا استقبل الطيف الشمسي على حجاب فيه فتحة ينفذ منها أحد الألوان ثم رجعت الألوان الأخرى لذلك الطيف بواسطة عدسة في نقطة واحدة فيحصل على لون ممت للذي مر من الفتحة

(في ألوان الأجسام)

ان الألوان التي تظهر لنا من الأجسام عندما تكون مضادة بضوء الشمس لا تتعلق بالبقوتها العاكسة للألوان البسيطة المختلفة فاللون الذي يكتسبه الجسم يكون تابعاً للطبيعة الاشعة التي يعكسها فإذا كان الجسم يعكس جميع ألوان الطيف ظهر لونه أبيض وإذا عكس الاشعة الحمراء أو الخضراء أو الزرقاء وامتنص باقي الاشعة التي باحتمائها تكون لونا مما للعكس كان لونه أحمر أو أخضر أو أزرق أما إذا امتص الجسم جميع الاشعة التي تسقط عليه ولم يعكس منها شيئاً ظهر أسود

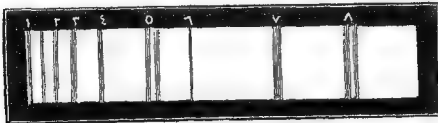
أما الأجسام الشفافة فيكون لونها متعلقاً بطبيعة الاشعة التي تنفذ منها فالتى تنفذ منها جميع الاشعة تكون لونها لها والتي تفرمها الاشعة الحمراء دون الاخر تكون حمراء وهكذا

الفصل الثاني

(في الكلام على الطيف)

(في خطوط الطيف)

إذا استعملت الطريقة التي ذكرها (نيوتون) للحصول على طيف نقي أى على طيف لا تنطبق فيه الألوان المتجاورة على بعضها يشاهد فيه عدة خطوط صغيرة سوداء عمودية على طوله وقد شاهد الطبيعي (فرونهوفر) من هذه الخطوط ما ينوف عن الستمائة وسمهاها باسمه وأكثرت هذه الخطوط وضوحاً سبعاً مجاميع مميّنة في (شكل ٧١) سميت بالحروف الاليفيدية وإذا استعملت الآلة المسماة بالسبكتروسكوب التي أسست لأجل مشاهدة الطيف يرى من هذه الخطوط عدد عظيم جداً منتشراً من أول الطيف إلى آخره



ش ٧١

ولأجل معرفة السبب المؤثر لهذه الخطوط يجب أولاً مشاهدة طيف ينابيع الضوء الصناعية

(في طيف النابيع الصناعية)

ان الاجسام الصلبة أو السائلة المسخنة الى الدرجة الجراء تولد انما طيفاً مستمراً ليس فيه الخطوط السوداء التي تشاهد في طيف الشمس أما الاجسام الغازية فانها تولد طيفاً غير مستمر مكوناً من خطوط لماعة منفصلة عن بعضها بمسافات مظلمة

ولاجل الحصول على طيف الاجسام الغازية يجب أن لا يكون في اللهب الأجسام غازية فقط لانه اذا استعمل لهب محتوي على جزيئات صلبة صغيرة كلهب شمعة مثلاً نتج طيف مستمر بسبب كون اضافة هذه الجزيئات تفوق بكثير اضافة الجسم الغازي واللهب المستعمل للحصول على طيف جسم معدني على الحالة الغازية هو لهب مصباح (بوزين) فاذا أخذ المصباح المذكور ووضع في لهبه على التوالي أملاح معادن مختلفة يشاهد أن أملاح كل معدن لها طيف خاص بها بحيث انه يمكن تعيين معدن أي ملح بمشاهدة طيفه وقد أسس (كرشوف) على ذلك طريقة تحليل مفيدة جداً لا يمكن أن يقارن بها طرق التحليل الكيماوية وكانت سبباً في استكشاف جملة من المعادن الحديثة العهد

(في طيف الشمس)

ان طيف الشمس يختلف عن أطراف الاجسام الصلبة والسائلة لكونه يشتمل على خطوط مظلمة عددها عظيم جداً والتجارب الاتية توصلنا الى معرفة النظرية التي ذكرنا لبیان السبب المولد لهذه الخطوط

اذا أخذ مصباح (بوزين) ووضع في لهبه سلك من البلاتين غمر في محلول كلور الصوديوم شوهه طيفه مكون من خط أصفر يشغل بالضبط محل أحد الخطوط المظلمة الموجودة في الطيف الشمسي واذا وضع هذا اللهب على طريق الاشعة المنتشرة من قضيب من الجير مسخن الى الدرجة الجراء المبيضة فيشاهد في طيف ذلك القضيب الذي كان يلزم أن يكون مستمراً اذا كان القضيب منفرداً خطاً أسود شاغل بالضبط محل الخط الاصفر الذي تولده لهب مصباح بوزين الملع

فينتج حينئذ من هذه التجربة أن لهب مصباح بوزين الملع الذي ينشر الاشعة الصفرة فقط يمتص أيضاً الاشعة التي من نوع التي تنتشر منه دون غيرها

وهذه التجربة عومية بمعنى أنه لو وضع في طريق حزمة ضوئية قوية ناتجة من تسخين جسم صلب أو سائل أيختر مسخنة أيضاً فيتولد في طيف هذه الحزمة خطوط سودا شاغلة بالضبط محل الخطوط المضيئة الخاصة بطيف هذه الأبخرة

وبناء على ذلك يرى أنه يكفي لبيان السبب المولد للخطوط السود التي توجد في طيف الشمس
فرض أن الجزء المركزي من هذا الكوكب مكون من مادة صلبة أو سائلة درجة حرارتها عظيمة
جدا ومحاطة بجو غازي أضائه أقل من أضاءة الجزء المركزي فعندما تخترق الأشعة الاتية
من الجزء المذكور ذلك الجو يمتص منها الأشعة التي هي من طبيعة التي يكونها اذا كان
منفردا

وبعقاربه الخطوط السود الموجودة في طيف الشمس بالخطوط المضئية التي تكونها الغازات
المسكنة قد عرف أن جو الشمس يحتوي على مقدار عظيم من الايدروجين المذهب ومن أبخرة
الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد والكروم والناصريين و الخ

(في الخواص الحرارية والخواص الكيماوية للطيف)

أولاً - اذا وضع على التوالي في النقط المختلفة من طيف الشمس عمود زرمو كهزباني متصل
بجولانومتر شوهد وجود حرارة في النقط المذكورة يزداد مقدارها من البنفسجي الى الاحمر
واذا حرك العمود المذكور خارج الطيف شوهد وجود حرارة أيضا على امتداده من جهة الاحمر
ومقدارها يأخذ في التناقص من الاحمر الى بعد منه مساو الى طول الطيف تقريبا ومن هنا
يستنتج أن الأشعة الشمسية تحتوي على أشعة حرارية مظلمة قابليتها للانكسار أقل من قابلية
الأشعة الحمراء

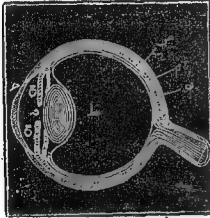
ويلزم لأجل عمل التجربة السابقة انتخاب وقت صاف جدا واستعمال منشور من ملح الطعام
لأن الأبخرة المائية والناشيرة التي من الزجاج تمتص مقدارا عظيما من الحرارة التي تنفذ منها
ثانيا - اذا استقبل الطيف الشمسي على مادة تحلل بالضوء ككلورور أو برومور الفضة
شوهد أن التأثير الكيماوي لا يكون واحدا في جميع نقطه بل أنه يكون معدوما تقريبا في الاحمر
والاصفر والبرتقالي ثم أنه يمتدئ من الانخضر آخذا في التزايد الى البنفسجي ثم عند خارج
الطيف آخذا في التناقص ومن هنا يستنتج أيضا أن الأشعة الشمسية تحتوي على أشعة
كيماوية معتمة قابليتها للانكسار أكثر من قابلية الأشعة البنفسجية له ويلزم لأجل عمل
التجربة السابقة استعمال منشور من البلور العصري لأن الزجاج يمنع أغلب الأشعة الكيماوية
المعتمة من المرور

الباب السادس (في الابصار والآلات الابصارية)

الفصل الاول (في الابصار)

(في وصف العين)

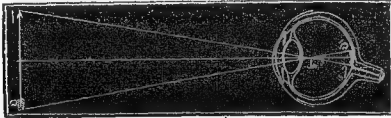
ان السبب المولد لرؤية الاجسام هي الصور الحقيقية التي تتكون على الشبكية وتحدث فيها تأثيرات تفسله الاعصاب البصرية الى المخ ليحصل فيه ادراك المرئيات والسبب المولد لتلك الصور هي الشفافة α والبلورية β (شكل ٧٢) اللذان يقومان مقام عدسة لامة



ش ٧٢ قطاع مفلة العين

وقد أسلفنا ذكر كيفية تكوين الصور الحقيقية المنعكبة للمرئيات الموضوعة بعيدا عن البؤرة الرئيسة لعدسة لامة فالصورة الحقيقية تتكون على الشبكية بالطريقة عينها كما هو مبين في (شكل ٧٣)

ص الصلبة α القرنية الشفافة β المشيمية γ القزحية δ الحدقة ϵ الشبكية ζ الرطوبة المائية η البلورية θ الجسم الزجاجي



ش ٧٣

(في تكيف العين)

لا ترى عيننا المرئيات واضحة الا اذا تكونت صورها بالضبط على الشبكية وقد رأينا عند التكلم على العدسات أن صورة أى مرئى لا تتكون في نقطة معينة بالنسبة لعدسة الا اذا كان المرئى موجودا في نقطة معينة أيضا بالنسبة لتلك العدسة

وبذلك يظهر في بادئ الامر أن العين لا ترى بوضوح الالمرييات الموضوعة في وضع معين بالنسبة اليها ومع ذلك فإن ذلك ليس بحقيقي بل ان عين كل شخص ترى بوضوح من أبعاد مختلفة جداً وهذا ما يعبر عنه بتكيف العين

ففي النظر المعتاد ترى العين بوضوح من بعد عظيم جداً الى نهاية صغير يتغير مقدارها من ١٢ الى ١٥ سنتيمتر وذلك ليس منافضاً لخاصية العدسات لانه تقدم أنه اذا كان بعد المرئي عن العدسة عظيم بالنسبة لبعدها البورى وغير مقدارها بمقادير كبيرة فإن التغير الذى يحصل في بعده صورته عن العدسة يكون صغيراً جداً ويحصل العكس اذا كان المرئي قريباً من البورة وحيث ان البعد البورى لعين الانسان يساوى ١٥ سنتيمتر تقريباً فبى أنه عندما يتغير بعد المرئي عنهما من بعد لانهاى الى بعد مساو الى ثلاث سنتيمترات يتغير وضع الصورة بمقدار مساو الى ١٥ سنتيمتر واذا حسب مقدار تغير وضع الصورة اذا تغير بعد المرئي من بعد لانهاى الى بعد مساو الى ١٢ سنتيمتر من العين فيوجد أنه لا يزيد عن اثنين أو ثلاثة أعشار من المليمتر وما أن الشبكية توجد تقرير يافى المستوى البورى للأجزاء الشفافة للعين فبى ان الصور ستكون عليها أوفر بواجداً منها عندما يتغير وضع المرئيات من بعد لانهاى الى بعد يساوى ١٢ سنتيمترا ومع ذلك فإن الصور المذكورة تكون دائماً بالضبط عليها في النظر السليم عندما تشغل المرئيات الأوضاع السابق ذكرها وذلك بسبب شغل في البلورية فيفرطها قليلاً أو كثيراً على حسب بعد المرئي عن العين

والدليل على حصول ذلك التفرطح هو أننا اذا نظرنا الى مرئين موجودين على بعدين مختلفين من العين وأمعنا النظر في أحدهما فإن الثانى يصير قليل الوضوح وبالعكس وكذا اذا أردنا أن نقرأ أو نكتب وأمعنا قريباً من الكتابة فنستشعر بالمرئى العين ناشئ عن المجهود المستعمل لحصول التفرطح المذكور

ويمكن اثبات حصول ذلك التفرطح بالتجربة الآتية وهي أن يوضع أمام عين شخص شمعة متقدمة فبى عند ذلك داخلها ثلاث صور الاولى مستقيمة ومكونة من انعكاس جزء من أشعة الشمعة على سطح الشفافة والثانية مستقيمة أيضاً وناتجة من انعكاس جزء آخر من تلك الأشعة على سطح البلورية والثالثة الصورة الحقيقية التى تكون على الشبكية فاذا وضع أمام تلك العين كتاب وأمر الشخص بالقراءة ثم غير وضع الكتاب والشخص يقرأ فبى ان الصورة الاولى تبقى ثابتة والثانية والثالثة يتغير موضعهما وذلك بسبب تغير شكل البلورية لتتكون الصورة دائماً على الشبكية التى يتغير وضعها أيضاً

(في النهاية الصغرى للإبصار)

قد ذكرنا فيما سبق أن النظر السليم يرى بوضوح من بعد غير نهائي إلى مسافة تتغير من اثني عشر إلى خمسة عشر سنتيمترا ومع ذلك فإنه لا يتيسر لأي شخص رؤية تفاصيل المراتب البعيدة جدا عن العين وذلك بسبب كون الصور التي تتكون لها على الشبكية تكون صغيرة جدا ولرؤية تفاصيل أي مرئي أحسن ما يمكن يجب جعله على بعد من العين بحيث تكون صورته التي تتكون على الشبكية أكبر ما يمكن أي على أصغر بعد من العين يكون فيه النظر واضحا وهذا البعد هو المسمى بالنهاية الصغرى للإبصار

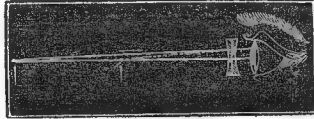
(في الأنواع المختلفة للنظر)

إن النهاية الصغرى للإبصار تختلف باختلاف الأشخاص وكثيرا ما تكون مختلفة في عيني شخص واحد وهذه النهاية تختلف من ١٢ إلى ١٥ سنتيمترا في النظر المعتاد لكن هناك أشخاص لا يرون المراتب بوضوح إلا من بعد أكبر أو أصغر من ذلك فيرى أشخاص أصغر مسافة لنظرهم أقل من ١٢ سنتيمترا ويوجد بعد نهائي لا ترى أعينهم من بعده أي نهاية عظمى للإبصارهم فهو لا المراتب الأشخاص لا ترى من بعيد إلا أنها ترى التفاصيل أحسن من الأشخاص الذين نظرهم معتاد وهذا المرض يسمى بالنظر القصير والشخص المصاب به يسمى بذي النظر القصير وترى أشخاص أخرى تبلغ النهاية الصغرى لبصرهم أربعين سنتيمترا فهو لا الأشخاص لا يمكنهم رؤية تفاصيل الأجسام وهذا المرض يسمى بالنظر الطويل والشخص المصاب به يسمى بذي النظر الطويل

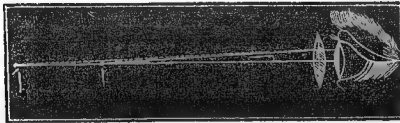
والنظر القصير ناتج عن ازدياد انحناء القرنية أو البللورية فينتج من ذلك ازدياد انضمام الأشعة الضوئية التي تمر من الأوساط الشفافة للعين فصور المراتب التي توضع على بعد مساو للنهاية الصغرى للإبصار النظر السليم بدلا عن أن تتكون على الشبكية تتكون أمامها وحيثما يكون من الضروري تقريب المرئي كثيرا من العين لتتأق رؤيته بوضوح ويوجد أشخاص يلجئون إلى وضع المرئي على بعد سنتيمترين أو ثلاثة فقط للحصول على تلك النتيجة

والنظر الطويل ينشأ عن سبب مخالف الذي نشأ عنه قصر النظر فهو متعلق بتسطح القرنية وتفرطح البللورية فتكون نتيجة ذلك تناقص انضمام الحزم الضوئية التي تنفذ من الأوساط الشفافة للعين وعلى مقتضى ذلك تزداد مسافة الصورة قبلا عن أن ترسم على الشبكية تبيل إلى أن تكون خلفها دائما إذا كان المرئي قريبا من العين

ويشارك النظر القصير بوضع أمام العين عدسات مفرقة تقلل انضمام الحزم الضوئية
الآتية من المربّيات والنظر الطويل باستعمال عدسات لامة وذلك ميم في (شكلى ٧٤ و ٧٥)



ش ٧٤



ش ٧٥

ففي النظر القصير الاشعة الآتية من أ تسقط على العين كما اذا كانت آتية من أ أى من
نقطة أقرب منها ويحصل العكس عند استعمال العدسات اللامة في النظر الطويل

الفصل الثانى

(فى الآلات الابصارية)

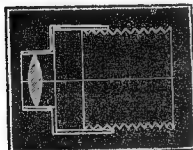
(فى أنواع الآلات الابصارية)

هى آلات معدة لتكون صوراً للرّيات أعظم منها وهى تنقسم الى بسيطة ومركبة فالبسيطة
هى التى لا يدخل فيها الاجزء بصرى واحد أى التى لا تتركب الا من عدسة واحدة أو من جملة
عدسات تقوم مقام عدسة واحدة وأما المركبة فهى التى تشمل على جملة أجزاء بصرية كل منها
يؤثر بفرده

ويعرف من الآلات البسيطة نوعان ما تكون صوراً حقيقية وما تكون صوراً تقديرية
أما التى تكون صوراً حقيقية فهى ثلاثة انحرافة المظلة والفانوس السحري والميكروسكوب
النمسي وأما التى تكون صوراً تقديرية فأهمها هو المنظار العيى أى الميكروسكوب البسيط
والآلات الابصارية المركبة هى الميكروسكوب المركب وهو معدل رؤية المربّيات الصغيرة جداً
والتطارة الفلكية وهى معدة لرصد الاجرام السماوية والنظارة الارضية ونظارة (غاليلى)
وكلتا هما معدة لرصد الاجسام البعيدة الموجودة على سطح الارض

(في الخزانة النظلية)

هذه الآلة كانت مستعملة قديما في فن الرسم وتستعمل الآن في الفوتوغرافيا كما سنبين ذلك فيما سيأتى وهي تتركب من صندوق مستطيل جدره الجانبى من جلد اسود منقى بجلد المنفاخ بحيث انه يمكن قبضه وبسطه بالارادة لاعطائه أطوالا مختلفة (شكل ٧٦) والجزء المقدم من هذا الصندوق مصنوع من الخشب وفيه فتحة مستديرة مثبتة فيها انبوبة

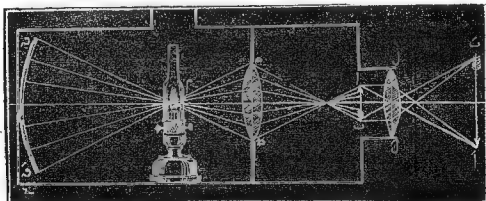


ش ٧٦

من النحاس الاصفر حاملة للعدسة لامة تكون صور حقيقية للرؤيات التى توضع أمامها على حجاب من الزجاج النصف شفاف موضوع فى الجزء الخلقى للصندوق وبما ان الرؤيات تكون على ابعاد مختلفة من العدسة فيغير وضع الحجاب بتغير طول الصندوق لتتكون صور الرؤيات بالضبط عليه

(في الفانوس السحرى)

هذه الآلة تستعمل للحصول على صورة حقيقية ومعتمة للرؤيات الصغيرة والجزء المهم من هذه الآلة هو عدسة لامة توضع الرؤيات المراد التحصل على صورها على بعد منها أكبر من بعدها البورى بقليل فتتكون لها حينئذ صور حقيقية معتمة جدا تستقبل على حجاب أبيض موجود داخل أودة مظلمة يوجد فيها المنقرجون وبما ان الصورة التى تتكون تكون كبيرة جدا بالنسبة للرؤى فيجب اضافة هذا الاخير اضاءة عظيمة لتكون صورته منيرة ويتصل على هذه الاضاءة باستعمال فانوس مبين قطاعه فى (شكل ٧٧) يثبت على أحد جدره العدسة الالامة ل ل المكونة للصور التى سبق الكلام عليها وموجود داخله مضباح م موضوع فى مركزه رآة معرّفة ون تعكس الاشعة التى تسقط عليها من ذلك المصباح عليه بالثانى

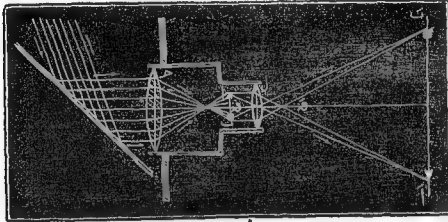


ش ٧٧

ويوجد في الجهة الأخرى من المصباح المذكور عدسة لامة Σ Σ تجميع الأشعة التي تسقط عليها مباشرة من المصباح M وبعد الانعكاس على المرآة المقعرة Q على المرئي A الذي يكون عادة من سوما على لوح زجاج وبذا يكون مضاء اضاءة عظيمة وتكون صورته A' منيرة ويمكن تعويض المصباح بالضوء الكهربي ان شاء الله يكون صعب التنظيم

(في الميكروسكوب الشمسي)

هو فانوس مكسري يضاء المرئي فيه بالأشعة الشمسية أي ان الجزء المهم منه هو كافي الفانوس المكسري عدسة لامة L (شكل ٧٨) يورثها Q و Q' يوضع المرئي A خارج احدهما N وقريباً جداً منها فتكون له جيتند صورة مقنبلية ومقنبلية جداً A' تستقبل على حجاب أبيض موجود داخل أودة مظلمة يوجد فيها المنقرحون



ش ٧٨

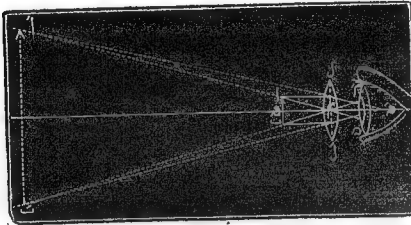
ولاجل اضاءة المرئي A بالأشعة الشمسية يستعمل الجهاز المرسوم في الشكل السابق وهو من كسب من مرآة مستوية موضوعة خارج الأودة المظلمة تسقط عليها الأشعة الضوئية فتعكسها على عدسة لامة L تلمها في يورثها فيوضع المرئي الموجود بين لوحين من زجاج مضغوطين عليه بين قطعتين معدنيتين بواسطة مسامير بالقراب من هذه البورة المجمعة فيها جميع الأشعة الشمسية التي سقطت على المرآة المستوية وبذا يكون مضاء اضاءة عظيمة وتكون صورته جيتند منيرة

وحيث ان اتجاه الأشعة الشمسية يختلف على الدوام فيلزم تغيير اتجاه المرآة العاكسة الموجودة خارج الأودة المظلمة بحيث ان انعكاس الأشعة التي تسقط عليها يحصل دائماً بالتوازي لمحور الميكروسكوب

ويتوصل الى هذه النتيجة باستعمال برمتين احدهما تدبر المرآة المستوية حول محورها وتستعملها والاخرى حول محورها بالآلة

(في المنظار العيني)

ان أهم الآلات الابصارية البسيطة التي تكون صوراً تقديرية هو المنظار العيني وهو عبارة عن عدسة لامة توضع أمام العين لرؤية تفاصيل المراتب الصغيرة ولكن ل (شكل ٧٩) عدسة لامة بورتاها $ق$ و $ق'$ و $أ$ ب مرقي صغير موضوع على بعد من هذه العدسة أقل من بعدها البوري فينتج حينئذ بناء على ما سبق انه اذا وجدت عين شخص خاف هذه العدسة فانما ترى في $أ$ ب صورة تقديرية ومستقيمة لذلك المرق



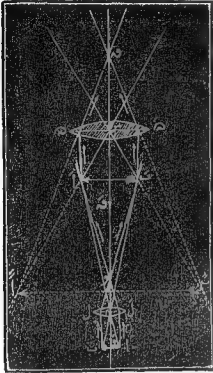
ش ٧٩

ولاجل بيان الفائدة التي تنتج من استعمال المنظار العيني يقال انه اذا نظر الانسان الى مرق وعينه عارية وكان مراده رؤية دقائقه أحسن ما يمكن فيضعه على بعد من عينيه مساو الى النهاية الصغرى لابصاره أما اذا أراد رؤيته بمساعدة المنظار العيني فانه يتدنى بوضع عينه قريبة جداً من المنظار المذكو ليوقع عليها معظم الاشعة التي تخترقه ثم يقرب المرق أو ببعدة عنه الى أن تصير صورته $أ$ ب على بعد من العين مساو الى النهاية الصغرى لابصارها فإذا فرض عند ذلك ان المركز البصري للعين منطبق على المركز البصري للمنظار تكون الزاوية التي ترى عليها العين المرق $أ$ ب وصورته $أ$ ب واحدة وتكون هذه الزاوية أكبر من التي ترى عليها العين المرق $أ$ ب اذا كان موضوعا على بعد منها مساو الى النهاية الصغرى لابصارها وبذلك يرى ان المنظار العيني يكبر الزاوية التي ترى عليها المراتب ولذلك يستعمل لرؤية الدقائق أي التفاصيل

وأحيانا تثبت العدسة المكونة للمنظار العيني في حامل معدني رأسي أسفل حامل آخر أفقي معدني لتثبيت المراتب فيه ويمكن تغيير وضعه بالنسبة للمنظار بالارادة بواسطة مسمار برمة وفي هذه الحالة يطلق أحيانا على ذلك الجهاز اسم ميكروسكوب بسيط

(في الميكروسكوب المركب)

هذه الا لتركيب من عدستين احدهما تسمى شخصية وهي تكون صورة حقيقية ومعظمة للرئيات التي توضع امامها والثانية تسمى عينية وهي تخدم كنظار عيني لرؤية هذه الصور (الشكل ٨٠) بين سيرا الاشعة في ميكروسكوب مركب وفي هذا الشكل ل ل هي الشخصية



٨٠ ن

و د ه هي العينية و و و ه ما بورتا العدسة الاولى و و و ه ما بورتا العدسة الثانية فاذا فرض مرئى ا ب موضوع امام العدسة الشخصية على بعد منها يزيد قليل على بعدها فتكون له بناء على ما سبق صورة حقيقية ا ب اكبر منه ومقلوبة وبما ان العينية د ه موضوعة على بعد من هذه الصورة اقل من بعدها البورى فالاشعة التي تخرج من الشخصية وتتقابل في النقط المختلفة من الصورة المدة كورة تسقط على العدسة العينية كما اذا كانت آتية من جسم من موضوع في ا ب فتكون حينئذ صورة تقديرية ا ب تراها العين الموجودة في الجهة الاخرى من العينية

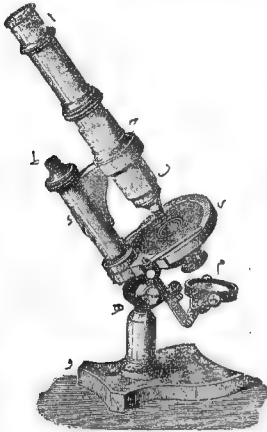
وبتغيير البعدين الشخصية والمرئى بتكبيره أو تصغيره يتوصل لصورة الصورة التقديرية ا ب على بعد من عين الناظر مساو للنهاية الصغرى لا بصره

تنبينه - من الرسم السابق يرى ان الميكروسكوب المركب يعظم المرئيات أكثر من المنظار العيني بكثير وذلك لانه عند استعمال الميكروسكوب المذ كور ينظر الانسان دائما بواسطة العينية الى صورة معظمة للمرئى لالى المرئى نفسه كما يحصل ذلك في المنظار العيني ولذلك فالميكروسكوب المركب يستعمل لرؤية المرئيات الصغيرة جدا الغير يمكن مشاهدتها كاللازم بواسطة المنظار

(في بيان الاجزاء الاضافية الداخلة في الميكروسكوب المركب)

ان الشخصية والعينية مشبعتان في أنبوبة ا ب (شكل ٨١) محمولة بواسطة حلقة ه على حامل ه وهو به عرضة ص يوضع عليها المرئى المراد مشاهدته في عند جعله بين قطعتين رقيقتين من الزجاج

وعندما تكون المرايات المراد مشاهدتها شفافة وهذه هي الحالة العمومية فتضاء من أسفل بواسطة امرأة مقعرة م يمكن تحريكها حول محورين مختلفين يستقبل عليها الضوء الآتي من بقعة نيرة من السماء أو من لهب مصباح ثم تحرك الى أن تجتمع جميع الاشعة المنعكسة عليها على المرئ أما اذا كانت المرايات المراد مشاهدتها معتمة فتضار من أعلى بواسطة عدسة لامة



٨١

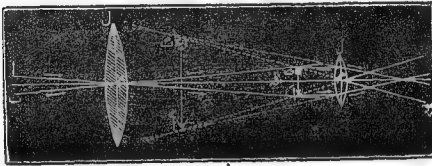
مثبتة في الانبوبة اب تحرك شيأ فشيأ الى أن تجتمع جميع الاشعة التي تسقط عليها على المرئ وأخيراً يوجد مسبار مرمة ط مثبت في محور الحامل ويصلح لرفع الاسطوانة و أو خفضها وذلك لتباعد الشخصنة أو تقريبها من المرئ الى أن يرى واضحاً ويلزم أن يكون البعد البوري لشخصنة الميكرو سكوب المركب صغيراً جداً لكي يكون المرئ المراد مشاهدته قريباً منها وبدون ذلك تكون الخزمة الضوئية التي تسقط من المرئ على الشخصنة وفيهية جداً وتكون حينئذ الصورة غير منيرة وزيادة على ذلك فإنه نتج من التجربة والحساب ان تعظيم الميكرو سكوب يزداد بصغر البعد البوري لشخصيته ولتحصل على شخصنة

ذات بعد بوري صغير ثبتت عدستان أو ثلاثة بجوار بعضهما في أنبوبة معدنية قصيرة يمكن تثبيتها في الطرف السفلي من الانبوبة اب بواسطة دلا ووظ ثم ان العيننة مكوّنة أيضاً من عدستين مثبتتين في طرفي أنبوبة قصيرة أخرى يمكن تركيبها على الجزء العلوي من الانبوبة اب

(في النظارة الفلكية)

هذه الآلة معدة لرصد الاجرام السماوية وهي تتركب كالميكرو سكوب المركب من شخصنة تكون صوراً حقيقية للرئيات التي توجد أمامها ومن عينية تستخدم كمنظار عيني لرؤية هذه الصور وبما أن النظارة الفلكية معدة لرصد المرئيات البعيدة التي لا يمكن تقريبها ولا انارتها زيادة عما هي عليه فيعطى لشخصيتها سطح متسع جداً يقع عليه مقدار عظيم من الاشعة

و (شكل ٨٢) بين سيرا الاشعة في نظارة فلكية ولنفرض أن ل هي الشخصية و ل هي العينية وان المرقى موجود على يسار الشخصية ل وعلى بعد عظيم منها فتتكون له بناء على ماسبق صورة حقيقية أ ب مقلوبة وقرينة جد من بورة العدسة الشخصية و طرفا هذه الصورة وهما أ و ب يكونان موجودين على المحورين الثانويين ام أ و ب م ب لطرفي المرقى وحيث ان العينية ل موضوعة بحيث تتكون الصورة أ ب بينها وبين بورتها فيرى أنه اذا وجدت عين شخص خلفها فانها ترى صورة تقديرية أ ب معظمة ومستقيمة بالنسبة للصورة الحقيقية أ ب ومقلوبة بالنسبة للمرقى



ش ٨٢

ومما أنه لا يمكن تغيير المسافة بين الشخصية والمرميات البعيدة التي ترصد بالنظارة الفلكية فالعينية هي التي تقرب أو تبعد من الشخصية الى أن يرى الراصد الصورة أ ب واضحة ويتوصل الى هذه النتيجة بتثبيت الشخصية في طرف أنبوبة كبيرة يمر في طرفها الاخر أنبوبة أخرى أرفع منها محتوية على العينية ويمكن ادخالها في الانبوبة الاولى كثيرا أو قليلا لتغيير المسافة التي توجد بين عدستي النظارة

(في حامل الشعرة والمحور البصرى)

حيث ان النظارات الفلكية معدة بالاختصاص لتحديد الاتجاهات التي توجد فيها الكواكب بالنسبة للراصد فيكون من الضروري تحديد خط مستقيم في كل نظارة يرصد حسب اتجاهه ولاجل ذلك الوضع في باطن أنبوبة النظارة وفي المستوى الذي تتكون فيه الصورة الحقيقية ما يسمى بحامل الشعرة (شكل ٨٣) وهو عبارة عن غشاء في وسطه فتحة مستديرة مثبت فيها حسب الاتجاهين عموديين على بعضهما شحرتان رفيعتان



ش ٨٣

ولاجل رصد أى كوكب توجه النظارة بحيث ترى عين الراصد صورة هذا الكوكب منطبقة بالضبط على نقطة تقابل الشعرتين فعند ذلك يكون الكوكب موجودا على امتداد الخط المستقيم

المرآة نقطة تقابل الشعرين والمركز البصري للشخصية فهذا الخط هو الذي يعين اتجاه الرصد وقد سمي بالمحور البصري للتظارة

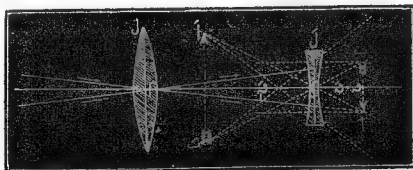
(في التظارة الارضية)

ان الصور ترى مقابلة في التظارة الفلكية الا انه لا يبالى بهذا الانقلاب عند رصد الكواكب لكونها ليس لها صورة مشخصة حتى يظهر فيها الانقلاب وعدمه أما اذا أريد مشاهدة المراتب الارضية فينبغي أن تكون مستقيمة وقد توصلوا الى ذلك بوضع عدستين بين شخصية التظارة الفلكية وعينيتها الغرض منهما تعويض الصورة المقابلة التي تكونها الشخصية بصورة أخرى مستقيمة ينظر اليها بواسطة العينية وقد سميت تلك التظارة بالتظارة الارضية

(في تظارة غاليلي)

ان المراتب التي ينظر اليها بتلك التظارة ترى مستقيمة أيضا وتركيبها مخالف بالكلية لتركيب التظارة الارضية وهي تتركب من عدستين فقط شخصية وعينية الآن العينية هنا عوضا عن أن تكون عدسة لامة كما ذلك في جميع الآلات التي سبق الكلام عليها فهي عدسة مفرقة وهي التي تصير الصورة المقابلة التي تكونها الشخصية مستقيمة والذي استكشف هذه التظارة هو (غاليلي) وكان يستعملها لرصد الافلاك وهي لا تستعمل الآن الا في الملاعب

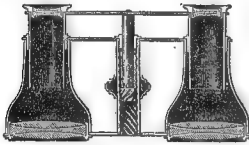
فاذا فرض أن الشخصية هي ل (شكل ٨٤) وان المرئي موجود بعيدا على يسارها فانها تميل الى أن تكون له صورة حقيقية ومقابلة أ ب الآن هذه الصورة لا تكون في الحقيقة بل أن الأشعة المكونة لها تقابل في سيرها قبل أن تكونها عدسة مفرقة ل موضوعه على بعد من أ ب أكبر من بعدها البوري و م فبعد أن تخترق تلك الأشعة هذه العدسة يظهر انها آتية من صورة أ ب مقابلة بالنسبة للصورة أ ب ومستقيمة حيث تد بالنسبة للرئي ولاجل رسم هذه الصورة عملا يعتبر شعاعان من التي تكون نقطة أ ان لم تكن العدسة ل موجودة



ش ٨٤

وليكون الشعاع المار بالمركز البصري العدسة المرفقة والشعاع الموازي لمحورها الأصلي فالشعاع الأول يستمر في سيره ولا ينكسر والشعاع الثاني يبعد عن المحور الذي كان موازيا له وامتداداه يمر بالبؤرة b فنقطة تقابل هذين الشعاعين تكون هي النقطة التي تقربها امتدادات الأشعة الضوئية التي بدون وجود العدسة المرفقة لـ a تقاطع في نقطة a

فينتج من ذلك حينئذ ان لو فرض ان عين شخص موجودة خلف تلك العدسة فترى صورة تقديرية في الوضع a b معظمة ومستقيمة وبتقريب الشخصية والعينية من بعضهما يصير تقريبا أو تبعيد الصورة a b عن العين وبذلك كل راصد يمكنه تكوين هذه الصورة على بعد من عينه يساوي النهاية الصغرى لابصاره بتقريب هاتين العدستين أو بتبعيدهما عن بعضهما ولنسهولة تغيير البعدين هاتين العدستين يوضعان في اسطوانتين تدخل احدهما في الاخرى كافي النظارة الفلكية



ش ٨٥

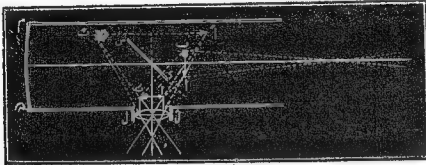
وفي نظارة (غاليلي) فائدتان الاولى انها تزيل المرئيات على وضعها الطبيعي والثانية انها قصيرة جدا يمكن الانسان ان يحملها معه ولذا تستعمل في الملاعب وغالبا تكون هذه النظارة مزدوجة كذلك ميين في (شكل ٨٥)

تنبيه - ان كل عدسة من عدسات النظارة الفلكية ونظارة (غاليلي) مكونة من جلة عدسات منطبقة على بعضها وذلك لتنعيم اللون الذي يحصل في حواف الصور التي تكونها العدسات البسيطة

(في تيليسكوب نيوتون)

ان انواع التيليسكوب معقدة كالنظارة الفلكية لرصد الاجرام السماوية وهي تفرق عنها بكون العدسة الشخصية في النظارة الفلكية معوضة عن آفة مقعرة في انواع التيليسكوب وأهم انواع التيليسكوب هو تيليسكوب نيوتون وهو يتركب من مرآة مقعرة m (شكل ٨٦) موضوعة في قاع اسطوانة طويلة بحيث يكون مركز انحنائها موجودا على محور تلك الاسطوانة فاذا استقبلت الأشعة الضوئية الاتية من كوكب مركزه ما يمر محور الاسطوانة على هذه المرآة تكونت له صورة حقيقية ومقلوبة a b قريباً جداً من بورتها الا أن هذه الصورة

لا تكون بسبب وجود مرآة أخرى مستوية سر ٤ مائلة على محور الاسطوانة بمقدار 40° وهي موضوعة بين المرآة المقعرة وبين بورتها وتسقط عليها كل الاشعة التي تنعكس على المرآة المقعرة فتنعكس عليها حينئذ وتكون صورة امامها أ ب مائلة لتي تكون قر سيمان بورة المرآة المقعرة ان لم تكن المرآة المستوية موجودة فينظر الى تلك الصورة بواسطة المنظار العيني ل ل' المثبت على جدار الاسطوانة



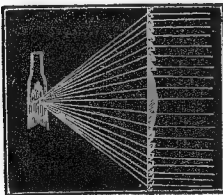
ش ٨٦

(في القنارات والعدسات الدرجية)

القنارات هي مصابيح توقد على شواطئ البحار لئلا يمدى عليها السواحون في البحار وكان يستعمل قديما لنقل الاشعة الضوئية الى مسافات عظيمة في البحر مرآت مقعرة قطاعها قطع مكافئ والآن تستعمل العدسات الدرجية بدلا عنها

وقد انشئت العدسات الدرجية لتدارك عيوب العدسات ذات الاتساع العظيم لان هذه الاخيرة عسرة الصناعة جدا والاشعة التي تسقط عليها بالتوازي لمحورها الاصلى لا تمر بنقطة واحدة بعد ان تنفذ منها وزيادة على ذلك فانها تمتص معظم الاشعة الضوئية التي تخترقها بسبب ثخنتها

والعدسات الدرجية مكونة من مجموعة من عدسة مسطحة محدبة محاطة بعدة قطع حلقيية



ش ٨٧

ذات بورة واحدة كل منها ذو سطح مستو وهو موجود في الجهة المسطحة للعدسة المركزية وأما الاسطحة المحدبة فلها انحناء مخصوص بحيث ان بورات القطع المختلفة تتكون في نقطة واحدة فمجموع هذه الحلقات يكون مع العدسة المركزية عدسة واحدة قطاعها مرسوم في (شكل ٨٧)

والعدسات الدرجية هي التي تكون الجزء المهم من الفئارات الحالية في وضع مضباح في بورتها الرئيسية الموجودة من جهة سطحها المسطح فان الاشعة التي تبرز منها تتولد منها اخرمة ضوئية ذات اشعة متوازية لا تنفذ بعض شدتها الا بمرورها في الهواء وتأتي رؤيتها من بعد يزيد عن ٦٠ كيلومترا

ولاجل ازالة جميع نطف الاقوى على التعاقب بفئار واحد تحرك العدسة حول المصباح بعدة ساعة فينتج من ذلك ان الضوء يظهر ثم يختفي في نقاط الاقوى المختلفة واختفاء الضوء هو الذي يميز به الملاحون الفئار من النار العارضية وزيادة على ذلك فانه بسبب كون كل فئار يدور دورة تامة في زمن خاص به فيتيسر أيضا للملاحين معرفة النقطة التي يوجد فيها فئار معين وذلك بعد الدورات التي يدورها في زمن محدود

الباب السابع (في الفتوغرافيا)

الفتوغرافيا تشمل على جملة عمليات الغرض منها تكوين صور المرئيات وتثبيتها بواسطة مواد كيميائية تتحمل بالضوء والآلة المستعملة لتكوين صور المرئيات هي الخزانة المظلمة التي سبق الكلام عليها

ولاجل السهولة تفرض ان المراد هو أخذ صورة قطعة من الورق سوداء في وسطها دائرة بيضاء فلذلك توضع هذه الورقة أمام عدسة الخزانة المظلمة ولا يغير طول صندوق هذه الآلة حتى ترى الصورة المكونة واضحة على اللوح الزجاج المكون للعدسة الخزانة الخلفية واذن تحفظ الخزانة على حالتها في موضعها ثم يرفع اللوح الزجاج النصف شفاف ويعاوض بمرور تحتو على لوح من زجاج أحده وجهه مغطى بطبقة تآثر بالضوء تكون عادة من كلورور أو برومور أو يودور الفضة أما البرواز السابق فله بابان أحدهما من الامام ويفتح بالانزلاق من أسفل الى أعلى والثاني من الخلف ويفتح الى الخارج فيوضع فيه اللوح الزجاج وهو في أودة ظلمة لا تدخل فيها الاشعة جازا بحيث يكون وجهه الذي يتأثر بالضوء تجاه الباب الاول فيرفع هذا الباب بعد وضع البرواز في الخزانة المظلمة يكون الوجه الحساس من اللوح أمام عدسة الآلة فيرسم عليه الصورة وتطبع عليه شيئا فشيئا الا ان الاجزاء البيضاء من الورقة تنطبع عليه سوداء والسوداء بيضاء وذلك لان الاجزاء البيضاء من الورقة تنبعث منها اشعة تؤثر على الاجزاء المقابلة لها من اللوح فتصيرها سوداء وأما الاجزاء السوداء من الورقة فلا تنبعث منها اشعة

ولذا تبقى الاجزاء المقابلة لهما من اللوح كما هي وعادة لا يترك الشيء الذي ترسم صورته أمام الال حتى تنطبق هذه الصورة على اللوح الزجاج بل يؤخذ اللوح المذكور بعد أن يؤثر عليه لحظة صغيرة وينصب عليه مخلوط مكون من حمض البيرو عفيفيلك والنوشادر أو مخلوط من ثلاثة أاجام من محلول أو كسالات البوتاسيوم فيه ٢٥٠ جرام من الاوكسالات ولتر من الماء مع حجم من محلول آخر فيه لتر من الماء و ٢٥٠ جرام من كبريتات أول أو كسيد الحديد وأربعة جرامات من حمض الطرطريك فيرى عند ذلك ان الصورة تظهر شيئاً فشيئاً الى أن تضير كالمسحوق وهذا ما يعبر عنه باظهار الصورة

ولا يخفى انه اذا عرض اللوح بعد أخذ من الخزانة المظلمة للضوء يتعمل ما بقي من كلورورا الفضة وتزول الصورة لان اللوح يسود بجمعه ولذا يجب أن يحمل اللوح محفووظا في البرواز من الضوء الى الاودة الظلمة وهناك يترفع منه ويعامل أولاً بأحد الخالط التي سبق الكلام عليها لاظهار الصورة ثم محلول تحت كبريتيت الصوديوم فيذيب ذلك المحلول ما بقي من كلورورا الفضة في الاجزاء التي لم تتأثر بالضوء وهي المقابلة للاجزاء السوداء من الورقة وهذا ما يعبر عنه بثبيت الصورة لانها حينئذ لا يتخفى عليها من الضوء والصورة المتحصل عليها بهذه الكيفية تسمى بالصورة السالبة لان الاجزاء السوداء من المرقق تظهر عليها بيضاء وبالعكس والصورة السالبة هي التي تسمى لعل الصورة الموجبة أي الحقيقية على قطعة من الورق فيمكن لأجل ذلك أن يوضع خلفها قطعة من الورق مغطاة بطبقة من كلورورا الفضة في مكبس ثم تعرض للأشعة الشمسية فهذه الاشعة تعترق اللوحة في الاجزاء الشفافة منها التي تحيط بالدائرة المركزية السوداء وتؤثر على كلورورا الفضة في الجزء المقابل لهما من الورقة فيسود حينئذ أما الدائرة المركزية الموجودة في اللوحة فلا تغمز منها الاشعة وبذلك لا يحصل في الدائرة المقابلة لهما من الورقة أدنى تأثير ويبقى فيها كلورورا الفضة كما هو ومن ذلك يرى ان تلك الورقة تصبح بعد مدة من الزمن كالورقة التي أخذت في بادئ الامر ووضعت أمام عدسة الخزانة المظلمة فتؤخذ حينئذ وتغمز في محلول تحت كبريتيت الصوديوم ليذوب فيه من سطحها ما بقي من كلورورا الفضة لانه بدون ذلك يسود جميع سطحها عند ما تعرض للضوء وبما ان اللون المتحصل عليه بهذه الكيفية يكون غير مقبول فتغمز الصورة عادة قبل تثبيتها في محلول مكون من ألف جرام من الماء وعشرين جراما من خلاص الرصاص وجرام واحد من كلورورا الذهب وترك فيه الى أن يصير لونها بنفسجيا فتؤخذ عند ذلك وتثبت بغيرها في محلول تحت كبريتيت الصوديوم

(في كيفية عمل الألواح المعتمة لاختذ الصور النسالية)

واحد الحساسية المستعملة الآن مغطاة عادة بطبقة من الغراء محتوية على مقدار من برومور الفضة وتوجد اللوحات المذكورة مصنوعة في التجارة ولذا فان من المستحسن شراءها عوضا عن صنعها وكيفية صنع هذه اللوحات هي أن يذاب مقدار من الغراء في الماء المسخن الى ٦٠ درجة ثم يضاف اليه مقدار من برومور النوشادر ثم مقدار آخر من نترات الفضة فيستكون حينئذ برومور الفضة وازونات النوشادر فيغسل ذلك المخلول بالخلية من أزونات النوشادر القابل للذوبان في الماء ثم يسخن الى ٣٠ درجة تقريبا ويصب منه على الألواح المراد تحضيرها وهي موضوعة وضعاً أفقياً فيجمد حينئذ على سطحها ويجب أن تصنع هذه العملية في أودة لا تدخل فيها الا الاشعة الحمراء لان هذه الاشعة ليس لها تأثير كيميائي وبعد عمل هذه اللوحات بالكيفية المتقدمة توضع في غلب تسد عليها سدأ محكم ولا تخرج منها الا وقت الاستعمال

(في كيفية عمل الورق المعتد لاختذ الصورة الموجبة)

لأجل ذلك يحضر داخل الاودة المظلمة محلولان أحدهما مكون من أربعة جرامات من برومور النوشادر ولتر من الماء والثاني مكون من ١٥٠ جراما من نترات الفضة ولتر من الماء ثم توضع الأوراق المراد تحضيرها خمس دقائق على سطح المحلول الاول وخمس دقائق على سطح المحلول الثاني وبعد ذلك تجفف وتحفظ في الظلمة الى وقت استعمالها ومع ذلك فتوجد هذه الأوراق كالألواح الحساسة مجهزة في التجارة ولذا يكون من المستحسن شراؤها * انتهى

تم طبع هذا الكتاب في ظل الساحة الخديوية العباسية خلد الله ملكها
وأدام على البلاد سوابغ برها أمين

Biblioteca Alexandrina



0558505